

ANSYS

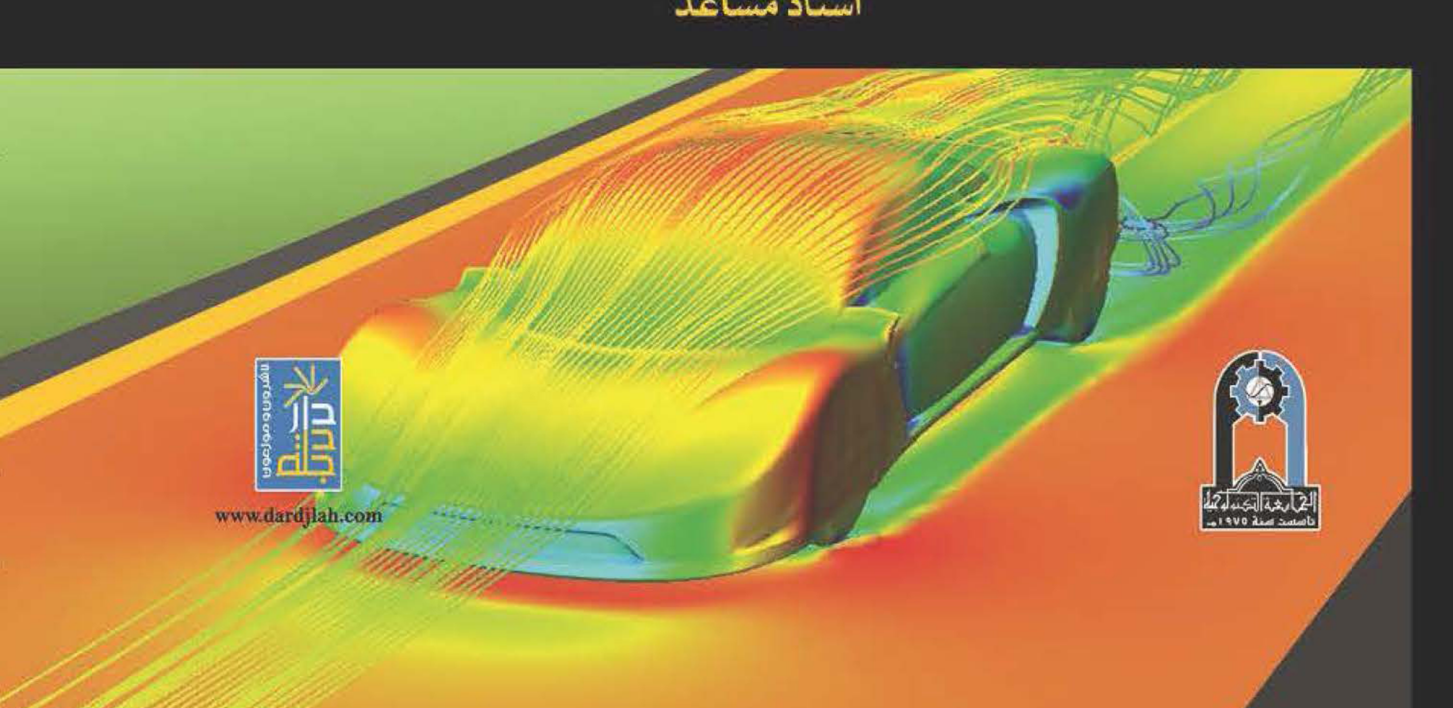


تطبيقات هندسية باستخدام برنامج ANSYS

الدكتور المهندس

عبّاس خمّاس السّاعدي

أستاذ مساعد





تطبيقات هندسية

باستخدام برنامج ANSYS



تطبيقات هندسية

باستخدام برنامج ANSYS

تأليف

الدكتور عباس خماس الساعدي

أستاذ مساعد

2012



دار دجلة

بسم الله الرحمن الرحيم

﴿وَعَلَّمَكَ مَا لَمْ تَكُنْ تَعْلَمُ وَكَانَ فَضْلُ





[سورة النساء، الآية (113)]



الإهداء

إلى المرأة التي قاسمتني الحياة بحلوها ومرها قطرة قطرة (زوجتي)،،،،

إلى حبات قلبي – قطرات دمي وروحي (ولدي أحمد)،،،،

والى كل وجوه العلم والمعرفة الذين غمسوا أقلامهم بدماء قلوبهم وهم يقدمون عطاءاتهم الخلّاقة،،،

أهدي ثمرة جهدي هذا

المحتويات



مقدمة

INTRODUCTION

الحمد لله ربّ العالمين والصلاة والسلام على سيد العلماء وسيد الأولين والآخرين رسول ربّ العالمين وعلى آله وصحبه المنتجبين. أما بعد, فإن برنامج Ansys يعتبر الحزمة البرمجية المستخدمة في تنفيذ طريقة العناصر المحددة Finite Element Method (FEM). حيث تشير طريقة العناصر المحددة (FEM) إلى الإسلوب المستخدم للحصول على الحل العددي Numerical Solution للتطبيق المطلوب. وكما هومعروف تؤدي هذه الطريقة إلى الحصول على العديد من المعادلات الجبرية الآنية Simultaneous Algebraic Equations.

وهذا العدد يكون عادة كبير جداً حيث يتراوح مابين (100000-10) أوأكثر وحل هذا العدد الكبير من المعادلات يتطلب عادة إستخدام القدرة الحاسوبية Computational Power حيث يمكننا إستخدام برنامج Ansys بهذا الخصوص. إن طريقة (FEM) تستخدم عادة في حساب كمية المجال Field Quantity، ففي حالة تحليل الإجهادات Stress Analysis يتم حساب مجال الإزاحة Displacement Field أومجال الإجهاد Stress Field وفي حالة التحليل الحراري Thermal

Analysis يتم حساب مجال درجة الحرارة Temperature Field أومجال الدفق الحراري Heat Flux Field.

ويتميز برنامج Ansys بالعديد من المهارات في المجالات الهندسية المختلفة مثل المجالات الإنشائية (التركيبية) Structural Fields، المجالات الحرارية Thermal Fields وميكانيك الموائع Fluid Mechanics...الخ. وباستخدام هذا البرنامج يمكننا أيضاً إجراء التحليل للمجالات المزدوجة Coupled field Analysis التي تجمع مابين مجالين أو أكثر مثل المجال الحراري والمجال الإنشائي (التركيبي). ونظراً لتميز هذا البرنامج العملاق بالعديد من الإمكانيات في التطبيقات الهندسية المختلفة فإنه من المستحيل تغطية كل شيء في هذا الكتاب الصغير الذي ربما يمثل قطرة من بحر هذا البرنامج الكبير. وعليه, فإن هذا الكتاب ما هو إلا مدخل حول كيفية إستخدام برنامج Ansys وكيفية إجراء المهارات الأساسية لأي نوع من التحليل ضمن بيئة برنامج Ansys. من هنا, يتناول هذا الكتاب أهم المفاهيم الأساسية لبرنامج Ansys والتي ربما تكون طريقك للوصول إلى الإحتراف !

يمكننا التعامل مع بيئة برنامج Ansys إما عن طريق واجهة المستخدم الرسومية Graphical User Interface (GUI) أو عن طريق إدخال الأوامر Commands بواسطة لوحة المفاتيح Keyboard. إن الإسلوب الثاني للتعامل مع برنامج Ansys يعتبر الإسلوب المفضل من قبل محترفي برنامج Ansys وفي هذا الكتاب تم التطرق إلى كل من

طريقة واجهة المستخدم الرسومية وطريقة إستخدام الأوامر. إن أهم التطبيقات الهندسية التي يتعامل معها برنامج Ansys تتضمن:

- الطائرات Aerospace.
- السيارات Automotive.
- الطب الأحيائي Biomedical.
- الجسور والأبنية Bridges & Buildings.
- الأجهزة الإلكترونية Electronic Appliance.
- الأجهزة الثقيلة والمكائن Heavy Equipments & Machinery.
- الأنظمة الكهروميكانيكية الدقيقة Micro-Electromechanical Systems.
- السلع الرياضية Sporting Goods ... الخ.

هذا ويتيح لنا برنامج Ansys إمكانية إجراء المحاكاة الحاسوبية Computer Simulation بإسلوب دقيق وفعّال وهذا يؤدي بدوره إلى خفض كلفة إختبار النموذج. على سبيل المثال عملية الغرس الجراحي Surgical Implant مثل غرس المفصل (الركبة) الإصطناعي Artificial Knee يمكن محاكاتها بسهولة بإستخدام برنامج Ansys حيث يؤدي التحليل الحاسوبي بإستخدام برنامج Ansys إلى حفظ كل من الكلفة

والوقت وكذلك الحصول على تصاميم ذات نوعية جيدة ومعوّل عليها Reliable-Better Quality Designs.

يقع هذا الكتاب في ثمانية فصول جاءت لتغطي محتوياتها عدداً كبيراً من المفاهيم والمبادئ الأساسية لبرنامج Ansys وإن كانت بالطبع لاتمثل كل مايخبّئه هذا البرنامج العملاق. ولقد تم تقسيم فصول الكتاب كالتالي:

الفصل الأول: أساسيات برنامج Fundamentals of Ansys

الفصل الثاني :المعالجة السابقة بواسطة برنامج Ansys Preprocessing

الفصل الثالث: معالج الحل Solution Processor

الفصل الرابع: المعالجة اللاحقة Postprocessing

الفصل الخامس: تطبيقات هندسية حول التحليل الإنشائي (التركيبي) Eng. Appl.s in Structural Analysis

الفصل السادس: تطبيقات هندسية حول التحليل الحراري Eng. Appl.s in Thermal Analysis

الفصل السابع: تطبيقات هندسية حول المواد المركبة Eng. Appl.s in Composites

الفصل الثامن: إستخدام الأوامر في برنامج Ansys Use of Commands in Ansys

هذا ولقد تم اعتماد اللغة العربية كأساس للمصطلحات والأوامر الواردة في الكتاب مع ذكر المقابل لها باللغة الإنكليزية. ولتحقيق أعلى إستفادة يفضل الر جوع إلى جدول المحتويات في نهاية الكتاب لتستطيع من خلاله الوصول بسرعة إلى الموضوع الذي تريد قراءته.

وختاماً...أشكر الله سبحانه وتعالى أن أعانني على إتمام هذا الكتاب، وأدعوه أن يجعله من العلم الذي ينتفع به، وأرجو أن يكون المجهود الذي بذل في هذا العمل معيناً ومساعداً ومفيداً لمن يقرأه، وأن تكون محاولتي هذه إضافة حقيقية لمكتبة الكمبيوتر العربية، والله ولي التوفيق.

وآخر دعوانا أن الحمد لله ربّ العالمين وسلام على المرسلين

د.عباس خماس الساعدي

Abbas2000x@yahoo.com

Abbas2000x@gmail.com

الفصل الأول

أساسيات برنامج ANSYS

FUNDAMENTALS OF ANSYS

مفاهيم أساسية Basic Concepts

قبل الخوض في تفاصيل الخطوات المتبعة في برنامج Ansys ، نتطرق الى بعض المفاهيم الأساسية والتي تتضمن :

1. إسم المهمة Job Name
2. دليل العمل Working Directory
3. النمط التفاعلي Interactive Mode
4. النمط الدفعي أوالدفعاتي (معالجة البيانات بشكل دفعات) Batch Mode
5. النمط المشترك Combined Batch

إسم المهمة Job Name

إسم يطلق على الملفات Files التي يتم الحصول عليها خلال جلسة برنامج Ansys Ansys Session. حيث أن هذا الإسم يمكن أن يحدد قبل أوبعد البدء ببرنامج Ansys.

دليل العمل Working Directory

مجلد Folder معين يستخدم في برنامج Ansys لخزن جميع الملفات Files التي يتم إنشاؤها خلال جلسة برنامج Ansys. هذا ومن الممكن تحديد دليل العمل قبل أوبعد البدء ببرنامج Ansys.

النمط التفاعلي Interactive

حيث يعتبر النمط الشائع للتفاعل مابين المستخدم User وبرنامج Ansys. وهويتضمن تنشيط القاعدة التصميمية Platform والتي تسمى واجهة المستخدم الرسومية Graphical User Interface (GUI) التي تتكون من القوائم Menus , صناديق الحوار Dialog Boxes , الأزرار الإنضغاطية Push-Buttons , والنوافذ المختلفة Different Windows. ويعتبر النمط التفاعلي الإسلوب المفضل من قبل مستخدمي برنامج Ansys المبتدئين Beginners لأنه مزود بقاعدة تصميمية ممتازة للتعلم , أضف الى ذلك أنه يتعامل بشكل فعّال مع المعالجة اللاحقة Postprocessing.

النمط الدفعي(الدفعاتي) Batch Mode

تتضمن هذه الطريقة إستخدام برنامج Ansys من دون تنشيط GUI. ويتطلب هذا النمط إستخدام ملف الإدخال Input File المكتوب بلغة تصميم برنامج Ansys البارامترية Ansys Parametric Design Language (APDL). والتي تتضمن إستخدام المتحولات الوسيطية Parameters , وعوامل البرمجة الشائعة مثل حلقات Do Do-Loops , وجمل إذا If Statements. إن هذه الإمكانيات تجعل من النمط الدفعي أداة تحليل فعّالة جداً Powerful Analysis Tool. وهناك ميزة أخرى تميزهذا النمط عن النمط التفاعلي وتتضمن إمكانية إكتشاف الخطأ Error أوالغلط Mistake خلال مرحلة توليد النموذج Model Generation.

ويمكننا معالجة ذلك الخطأ من خلال إجراء التعديل البسيط في بيانات ملف الإدخال Input File ومن ثم قراءتها مرة أخرى وحفظها حيث يؤدي ذلك بدوره الى توفير الوقت.

النمط المشترك Combined Mode

أي النمط الذي يشترك فيه كل من النمط التفاعلي والنمط الدفعي. وفي هذا النمط يقوم المستخدم بتنشيط GUI وقراءة ملف الإدخال Input File. حيث أن هذه الطريقة تتيح للمستخدم توليد النموذج (إنشاء النموذج) والحصول على الحل Solution بإستخدام ملف الإدخال بينما يقوم بإستعراض النتائج بواسطة المعالجة اللاحقة Postprocessing بإستخدام GUI. إن هذا النمط يجمع بشكل واضح مزايا كل من النمط التفاعلي والنمط الدفعي.

1.2 قبل جلسة برنامج Ansys Before an Ansys Session

بصورة عامة هناك طريقتين للحصول على حلول المسألة الهندسية بإستخدام طريقة العناصر المحددة Finite Element Method (FEM) تضمن:

1. اما بإستخدام لغات الحاسوب مثل لغة Fortran أو C++.
2. أو بإسستخدام برامج (FEM) الجاهزة مثل برنامج ANSYS.

يمثل برنامج Ansys أداة تحليل فعّالة ومتعددة الأغراض حيث يمكن إستخدامها في مدى واسع من الفروع الهندسية. وقبل إستخدام برنامج

Ansys في إنشاء نموذج العناصر المحددة لابد من الإجابة على الأسئلة التالية بالإعتماد على الملاحظات والحكم الهندسي:

1. ما هي أهداف هذا التحليل؟
2. هل يجب نمذجة Modeling جميع أو جزء من النظام الفيزيائي؟
3. ما هي كمية التفاصيل التي يجب تزويدها في ذلك النموذج؟
4. ما هي درجة نعومة شبكة العنصر المحدد Finite Element Mesh؟

من هنا, يمكن إستخدام برنامج Ansys بإسلوب صحيح وفعّال بعد أن نأخذ بنظر الإعتبار مايلي:

1. نوع المسألة Type of Problem.
2. إعتماد أو عدم إعتماد المسألة على الزمن Time Dependence.
3. درجة اللاخطية Nonlinearity.
4. إعتبارات النمذجة Modeling Considerations.

وسيتم مناقشة هذه المواضيع في المقاطع التالية.

1.2.1 فرع التحليل Analysis Discipline

يتميز برنامج Ansys بإمكانية كبيرة في محاكاة Simulation المسائل في مدى واسع من الفروع الهندسية Engineering Disciplines. **وفي هذا الكتاب سوف يتم التركيز على الفروع التالية:**

1. التحليل الإنشائي (التركيبي) Structural Analysis
2. التحليل الحراري Thermal Analysis

التحليل الإنشائي(التركيبي) Structural Analysis

حيث يتضمن مجالات التشوه Deformation , الإجهاد Stress , والإنفعال Strain. كما أنه يتضمن قوى رد الفعل (القوى الإرتكاسية) Reaction Forces في الجسم الصلب.

التحليل الحراري Thermal Analysis

ويتضمن مجال الحالة المستقرة Steady State أو مجال إعتماد درجة الحرارة على الزمن Time-Dependent Temperature. وكذلك يتضمن الدفق الحراري Heat Flux في الجسم الصلب.

1.2.1.1 التحليل الإنشائي(التركيبي) Structural Analysis

إن هذا النوع من التحليل يشير الى العديد من مسائل التحليل الإنشائي على سبيل المثال:

1. التحليل الساكن (الإستاتيكي) Static Analysis.
2. التحليل الشكلي Modal Analysis.
3. التحليل التوافقي Harmonic Analysis.
4. الديناميك العابر (المؤقت) Transient Dynamic.
5. تحليل الإنبعاج Eigenvalue Buckling.

التحليل الساكن (الإستاتيكي) Static Analysis

حيث أن الاحمال المسلطة وشروط الدعم (الإسناد) Support Conditions للجسم الصلب لاتتغير مع الزمن. أما المادة اللاخطية Non-linear Material والخواص الهندسية Geometrical Properties مثل اللدونة Plasticity , التماس Contact , الزحف Creep...الخ فإنها تقع ضمن هذا الصنف من التحليل.

التحليل الشكلي Modal Analysis

إن هذا الخيار يشير الى الترددات الطبيعية Natural Frequencies للجسم الصلب وكذلك الأشكال المختلفة للتركيب.

التحليل التوافقي Harmonic Analysis

في هذه الحالة تكون إستجابة التركيب الذي يخضع للأحمال بشكل سلوك أومنحني جيبي Sinusoidal Behavior مع الزمن.

الديناميك العابر Transient Dynamic

في هذه الحالة يبدي التركيب الذي يخضع للأحمال سلوكاً عشوائياً Arbitrary Behavior مع الزمن.

تحليل الإنبعاج Eigenvalue Buckling

إن هذا الخيار يشير الى أحمال الإنبعاج Buckling Loads وكذلك أنماط إنبعاج التركيب Buckling Modes of Structure.

1.2.1.2 التحليل الحراري Thermal Analysis

إن هذا النوع من التحليل يشير الى الأنواع العديدة من المسائل الحرارية, على سبيل المثال:

1. إنتقال الحرارة Heat Transfer.
2. تغيّر الطور Phase Change.
3. التحليل الحراري-الميكانيكي Themomechanical Analysis.

إنتقال الحرارة Heat Transfer

ويتضمن توصيل الحالة المستقرة أو العابرة Steady State or Transient Conduction. كما أنه يتضمن أيضاً إنتقال الحرارة بالحمل Convection أو بالإشعاع Radiation.

تغيّر الطور Phase Change

حيث يشير الى حالة الإنصهار Melting أوالتجمد Freezing.

التحليل الحراري-الميكانيكي Thermomechanical Analysis

إن نتائج التحليل الحراري يمكن إستخدامها في حساب مجالات الإجهاد Stres الإنفعال Strain , أوالإزاحة Displacement نتيجة التمدد الحراري التفاضلي Differential Thermal Expansion.

1.2.1.3 درجات الحرية (الطلاقة) Degrees of Freedom

يزودنا الحل بإستخدام برنامج Ansys (مرحلة الحل في برنامج Ansys) بقيم عقدية Nodal Values لمتغير المجال Field Variable إعتماداً على فرع التحليل. وتسمى هذه القيمة درجة الحرية (الطلاقة) Degree of Freedom. والجدول (1.1) يبين درجات الحرية لفروع التحليل الإنشائي والحراري. ولابد من الإشارة الى أن فرع التحليل يجب إختياره بالإعتماد على الكمية التي نحن بصددها كما مبين في الجدول أدناه.

الجدول 1.1 درجات الحرية لفروع التحليل الإنشائي والحراري

Degrees of Freedom for Structural & Thermal Analysis Disciplines

الفرع Discipline	Quantity الكمية	درجة الحرية DOF
الإنشائي Structural	الإزاحة Displacement , الإجهاد Stress, الإنفعال Strain , قوى رد الفعل Reaction Forces.	الإزاحة Displacement
الحراري Thermal	درجة الحرارة Temperature , الدفق Flux	درجة الحرارة Temperature

1.2.2 إعتماد أو عدم إعتماد المسألة على الزمن Time Dependence

إن التحليل بإستخدام برنامج Ansys يمكن أن يكون معتمداً على الزمن في الحالات التالية :

1. عندما يخضع الجسم الصلب Solid Body الى أحمال تتغير مع الزمن Time Varying Loads.
2. عندما يخضع الجسم الصلب الى توزيع درجة الحرارة.

3. عندما يخضع الجسم الى الى تحوّل (تغيّر) طوري Phase Change.

1.2.3 درجة اللاخطية Nonlinearity

إن معظم الظواهر الفيزيائية تبدي عادة سلوك لاخطي Nonlinear Behavior. وعلى الرغم من ذلك, فهناك العديد من الحالات التي يتم فيها إفتراض السلوك الخطي Linear Behavior الذي والذي ربما يزودنا بنتائج مقبولة. ومن ناحية أخرى, هناك ظواهر تتطلب إستخدام الحل اللاخطي. إن السلوك اللاخطي الإنشائي (التركيبي) Nonlinear Structural Behavior يمكن أن ينشأ نتيجة الشكل الهندسي اللاخطي Geometric Nonlinearity أوالإستجابة اللاخطية للمادة Material Nonlinearity , أضف الى ذلك, أن التغّير في الشروط الحدودية Boundary Conditions يمكن أن يساهم في السلوك اللاخطي. وفي أدناه سيتم مناقشة الظواهر أعلاه بشكل مختصر.

1.2.3.1 الشكل الهندسي اللاخطي Geometric Nonlinearity

حيث يمكن أن يقسم الى نوعين رئيسين:

1. الدوران والتشوه الكبير Large Deflection and Rotation
2. الجساءة الإجهادية Stress Stiffening

الدوران والتشوه الكبير Large Deflection and Rotation

عندما يخضع الجزء أوالتركيب الى تشوهات كبيرة مقارنة مع أصغر بعد فيه أويخضع الى دوران مقارنة مع أبعاده الأصلية أومقارنة مع إتجاه الحمل, فإن تحليل الدوران والتشوه الكبير Deflection and Rotation

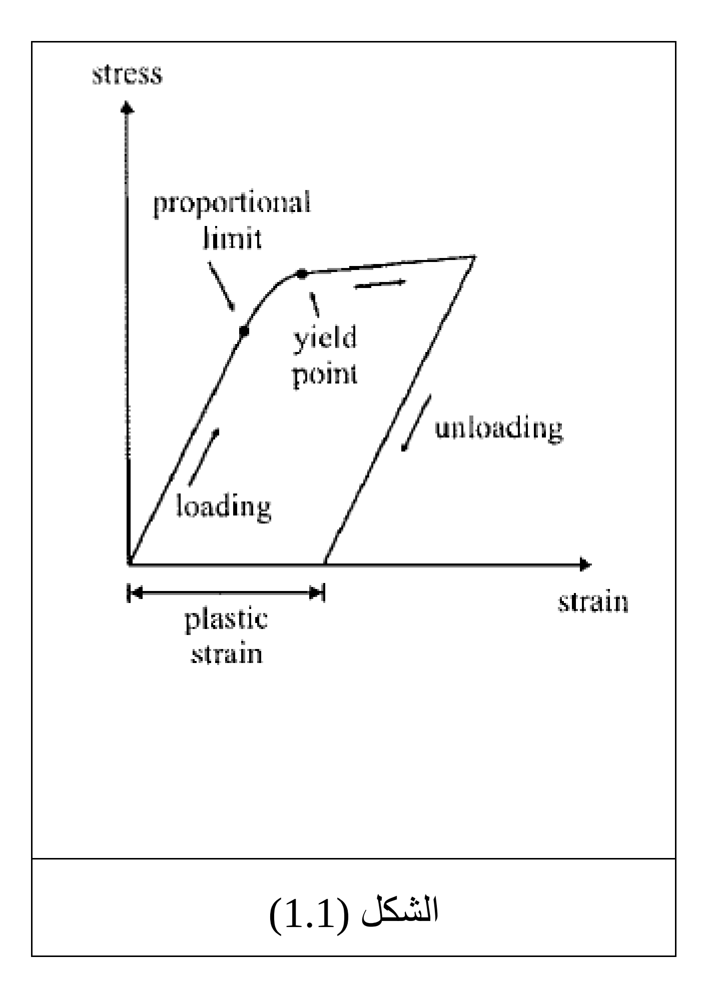
Analysis يصبح ضرورياً في هذه الحالة. على سبيل المثال, قصبة صيد الأسماك Fishing Rod التي لها جساءة جانبية منخفضة تعاني من تشوه كبير عندما تخضع الى حمل جانبي Lateral Load.

الجساءة الإجهادية Stress Stiffening

أي عندما يكون الإجهاد في إتجاه معين ويؤثر على الجساءة Stiffness في إتجاه آخر فإن ذلك يؤدي الى حدوث الجساءة الإجهادية. وعليه, فإن التركيب الذي يتميز بجساءة صغيرة أوليس له جساءة في حالة الإنضغاط Compression وله جساءة كبيرة في حالة الشد Tension سوف يبدي هذا النوع من السلوك أي الجساءة الإجهادية. على سبيل المثال, الكبلات Cables , الأغشية Members , والتراكيب الدوارة Spinning Structures تبدي الجساءة الإجهادية.

1.2.3.2 الإستجابة اللاخطية للمادة Material Nonlinearity

إن السلوك اللاخطي للمادة مبين في الشكل (1.1) والذي يبين منحني الإجهاد-الإنفعال Stress-Strain. إن إستجابة المادة الخطية يمكن أن يلاحظ عندما تبدي المادة سلوكاً خطياً في منحني الإجهاد-الإنفعال حتى حد التناسب Proportional Limit ولايؤدي التحميل الى توليد إجهادات لها قيمة أعلى من قيمة إجهاد الخضوع Yield Stress في أي جزء من الجسم. وبصورة عامة , يمكن تصنيف السلوك اللاخطي للمادة Nonlinear Material Behavior في برنامج Ansys كالآتي:



الشكل (1.1)

اللدونة Plasticity

حيث تشير الى التشوه الدائم Permanent Deformation وكذلك التشوه الذي لايعتمد على الزمن Time Independent Deformation.

الزحف Creep

أيضاً يشير الى التشوه الدائم وكذلك التشوه الذي يعتمد على الزمن Time-Dependent Deformation.

المرونة اللاخطية Nonlinear Elasticity

أي في حالة منحني الإجهاد-الإنفعال, يعود الجزء الى حالته الأصلية بعد إزالة الحمل ولا يحدث التشوه الدائم.

المرونة اللزجة Viscoelasticity

حيث تشير الى التشوه الذي يعتمد على الزمن تحت الحمل الثابت Constant Load وتحدث إستعادة تامة Full Recovery للجزء بعد زوال الحمل.

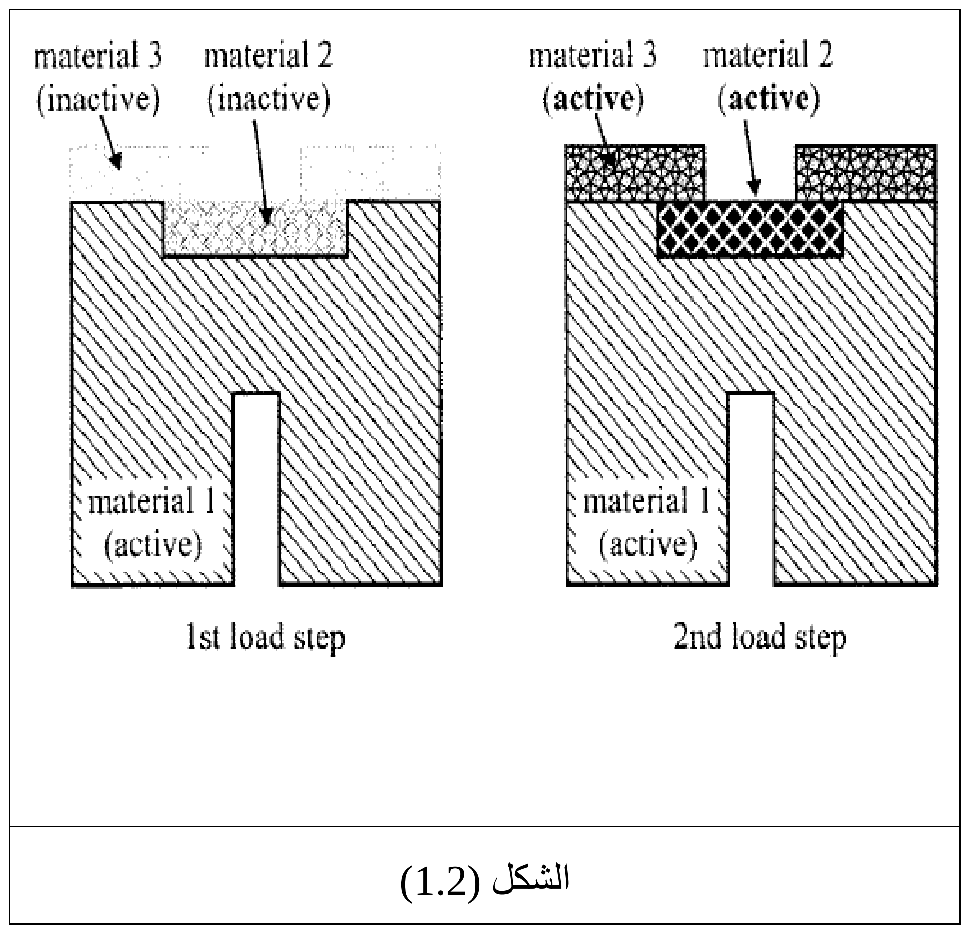
المرونة الفائقة Hyperelasticity

على سبيل المثال المواد التي تبدي سلوكاً مشابهاً للمطاط Rubber-Like Materials تتميز بهذا النوع من المرونة.

1.2.3.3 تغيّر الحالة اللاخطية Changing-Status Nonlinearity

إن العديد من التطبيقات الإنشائية تبدي سلوكاً لاخطياً إعتماداً على الحالة Status-Dependent. فعند تغيّر الحالة للنظام الفيزيائي يتبع ذلك تغيراً مفاجئاً للجساءة Stiffness. إن برنامج Ansys يزودنا بالعديد من الحلول لهذه الظاهرة من خلال إستخدام عناصر التماس اللاخطي Nonlinear Contact Element. إن هذا النوع من السلوك يلاحظ بشكل شائع في نمذجة طرق التصنيع Modeling Manufacturing

Processes على سبيل المثال , حالة توافق الإنكماش   Shrink-Fit كما مبين في الشكل (1.2).



الشكل (1.2)

1.2.4 إعتبارات النمذجة Modeling Considerations

لغرض خفض الفترة الزمنية المطلوبة للحساب Computational Time فإن التفاصيل الثانوية التي لاتؤثر على النتائج يفضل عدم إدراجها في نموذج العناصر المحددة FE Model. إن إهمال التفاصيل الثانوية يساعد أيضاً في إستخلاص التناظر الهندسي Geometric Engineering التي تؤدي بدورها الى خفض نموذج العناصر المحددة. وعلى الرغم من ذلك, فإن هناك تراكيب تحوي على تفاصيل صغيرة مثل الشرحة الزاوية Fillet , أوالثقوب Holes والتي تعتبر مواقع لتركيز الإجهادات وعليه مثل هذه التفاصيل لايمكن إهمالها وذلك لأهميتها في التحليل والتصميم. من هنا, فإن الحكم الهندسي Engineering Judgment يجب أن يوازن مابين الربح في الكلفة الحسابية والخسارة في دقة هذه الحسابات.

1.2.4.1 شروط التناظر Symmetry Conditions

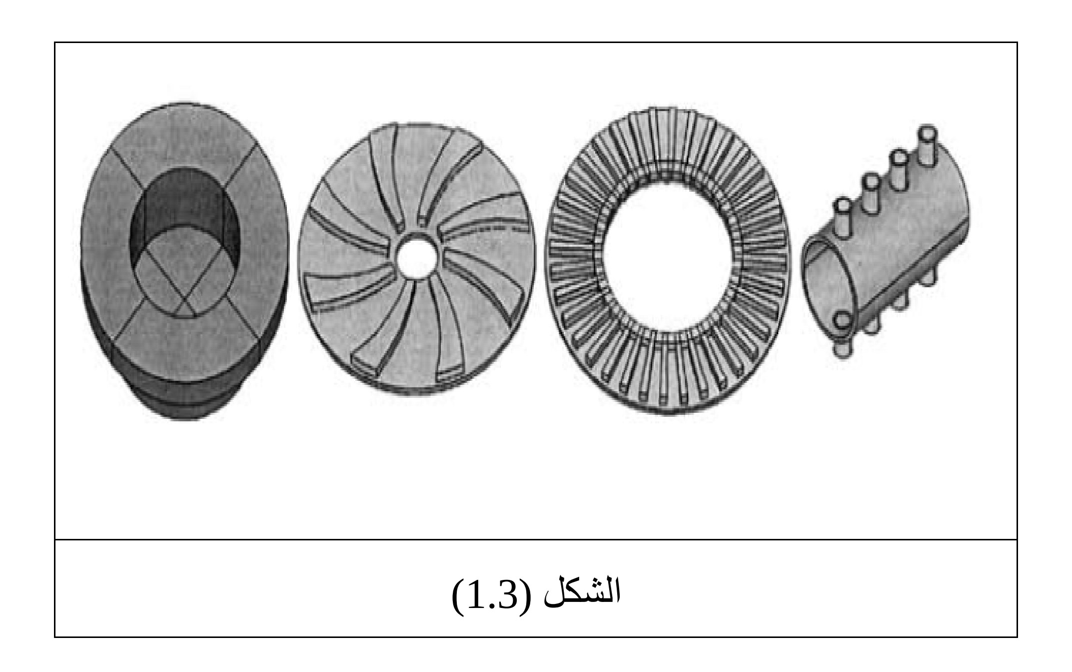
عندما يكون النظام الفيزيائي الذي نحن بصدده (تحت الدراسة) متناظراً من حيث الشكل الهندسي Geometry , خواص المادة Material Properties , والتحميل Loading فإنه يكون ذات جدوى من الناحية الحسابية لأن عملية النمذجة Modeling يمكن إجراؤها على الجزء المتناظر فقط. وعندما نأخذ عملية التناظر بنظر الإعتبار في توليد النموذج Model Generation , فإن النظام الفيزيائي يجب أن يبدي تناظراً في جميع الحالات التالية:

1. الشكل الهندسي Geometry.
2. خواص المادة Material Properties.
3. التحميل Loading.
4. درجة الحرية Degree of Freedom.

أما الأنواع المختلفة للتناظر فإنها تتضمن:

1. التناظر المحوري Axisymmetry.
2. التناظر الدوراني Rotational Symmetry.
3. التناظر السطحي (الإنعكاسي) Planar or Reflective Symmetry.
4. التناظر التكراري (الإنتقالي) Repetitive or Translational.

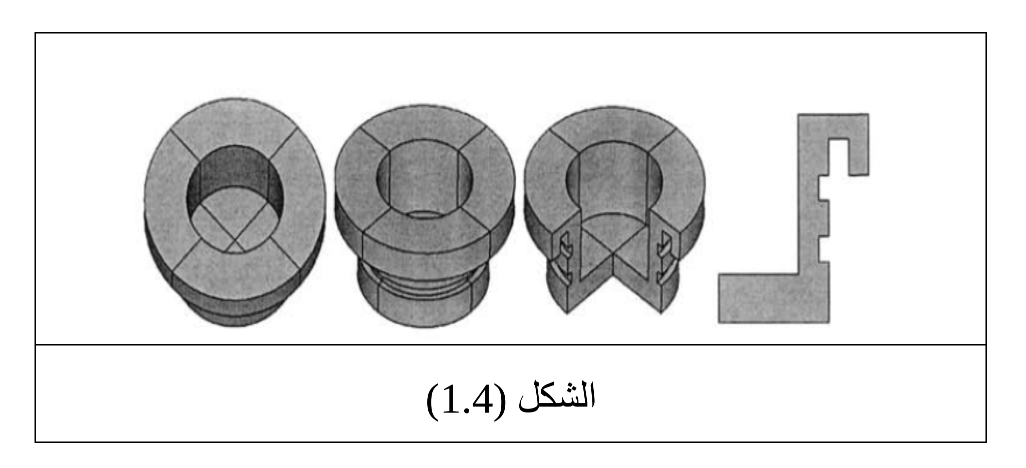
الشكل (1.3) يبين بعض الأمثلة حول هذه الأنواع من التناظر. وفيمايلي سوف نتطرق الى هذه الأنواع بشكل موجز.



الشكل (1.3)

التناظر المحوري Axisymmetry

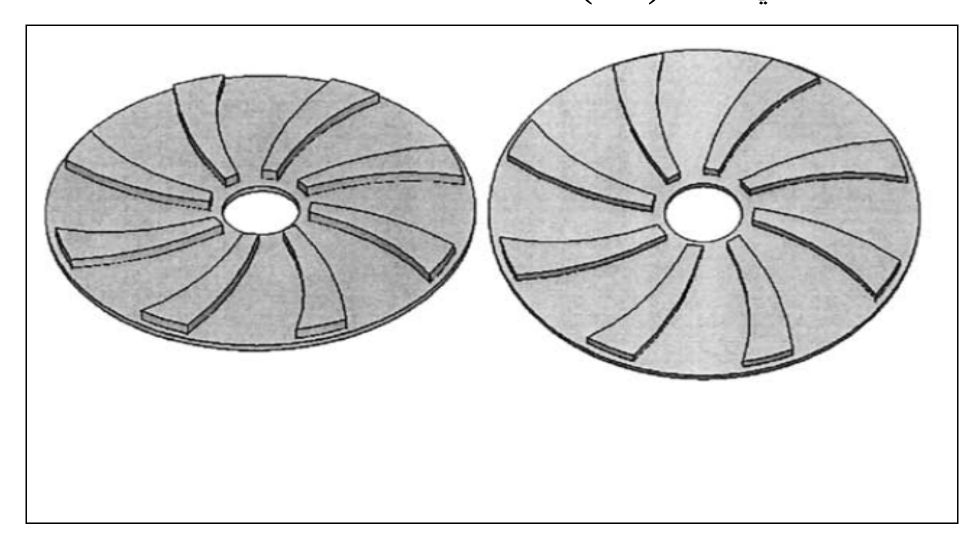
وكما موضح في الشكل(1.4) , يشير التناظر المحوري الى التناظر حول المحور المركزي Central Axis. إن هذا النوع من التناظر يمكن أن يلاحظ على سبيل المثال في بصيلات مصباح الإضاءة Light Bulbs , الأنابيب المستقيمة Straight Pipes , الأشكال المخروطية Cones , الأشكال المقببة Domes.



الشكل (1.4)

التناظر الدوراني Rotational Symmetry

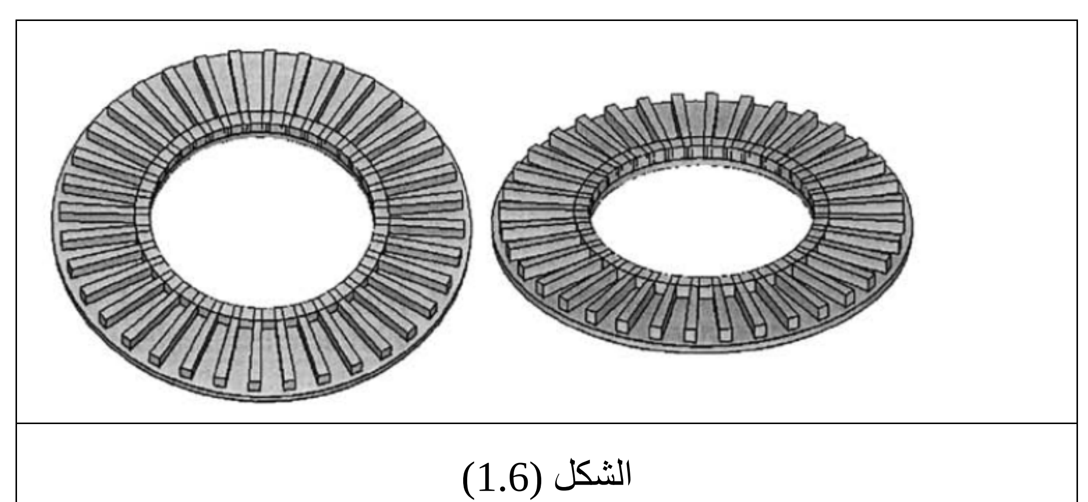
حيث يمكن أن يلاحظ في التراكيب التي تتكون من أجزاء متكررة ومرتبة حول المحور المركزي كما هو الحال في دوّار التوربين Turbine Rotor المبين في الشكل(1.5).



الشكل (1.5)

التناظر السطحي (الإنعكاسي) Planar or Reflective Symmetry

يوجد هذا النوع من التناظر في التركيب عندما يكون نصفه مرآة للنصف الآخر كما مبين في الشكل (1.6) وفي هذه الحالة يقع مستوى التناظر Symmetry Planar على سطح المرآة.

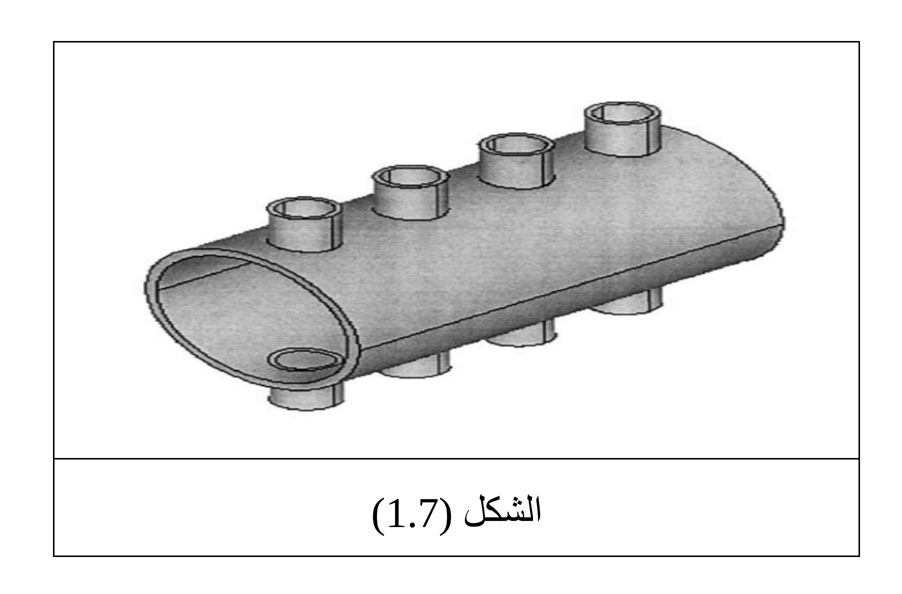


الشكل (1.6)

التناظر التكراري (الإنتقالي) Repetitive or Translation Symmetry

إن التناظر التكراري (الإنتقالي) يوجد عادة في التركيب المكون من مجموعة من الأجزاء المتكررة والتي تكون مصطفة بشكل صف Row ,

كما هوالحال في الأنبوب الطويل Long Pipe المكون من زعانف التبريد Cooling Fins تفصلها مسافات متساوية كما مبين في الشكل(1.7).



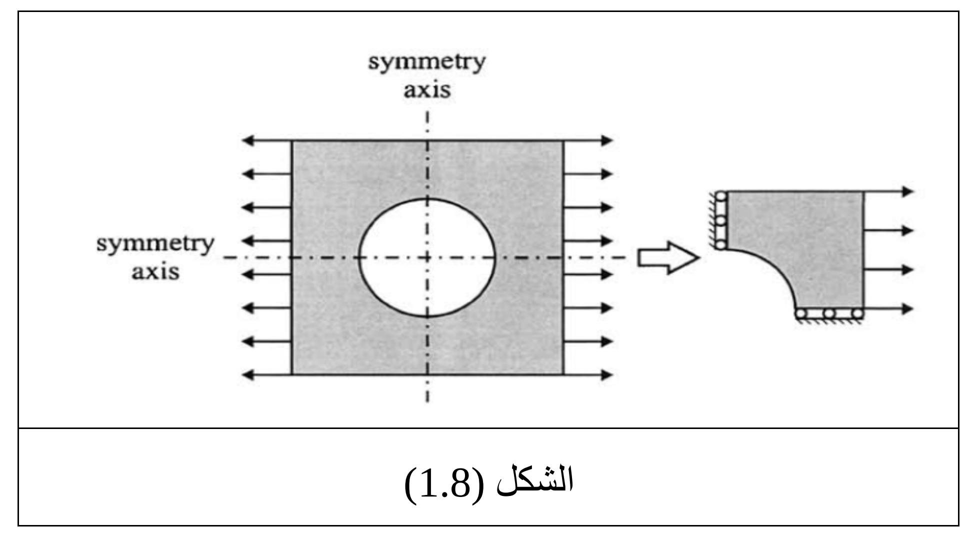
الشكل (1.7)

التناظر في خواص المادة, التحميل, الإزاحات

Symmetry in Material Properties, Loading, Displacements

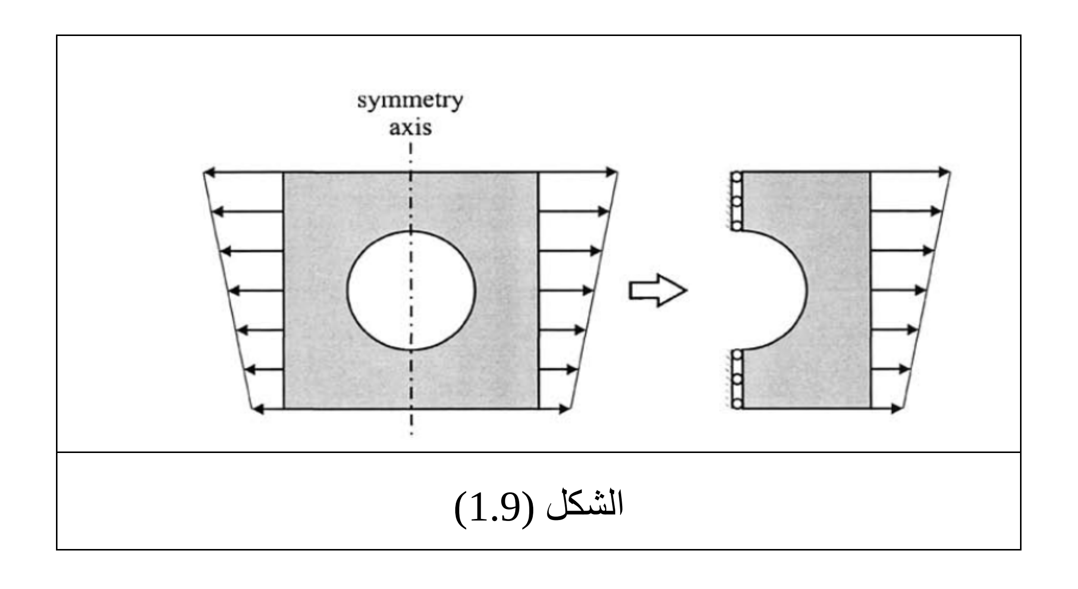
عندما يكون هناك تناظراً في الشكل الهندسي Geometry Symmetry فإن نفس مستوى أومحور التناظر Symmetry Plane or Axis سوف يكون صحيحاً بالنسبة لخواص المادة Material Properties , التحميل Loading (القوى Forces ,الضغط

Pressure...الخ) والقيود Constraints. على سبيل المثال, الصفيحة المربعة Square Plate المتجانسة والمتشابهة الخواص Homogeneous and Isotropic والحاوية على ثقب مركزي (عند المركز) وتخضع الى تحميل الشد الأفقي Horizontal Tensile Loading كما مبين في الشكل(1.8) تتميز بوجود تناظر ثمني Octant Symmetry ($1/8^{th}$) في كل من الشكل الهندسي Geometry والمادة Material بالنسبة الى المحاور الأفقية والعمودية Horizontal and Vertical Axes بالإضافة الى كل من المحاور القطرية Diagonal Axes. أما بالنسبة الى التحميل Loading فإنه يكون متناظراً بالنسبة الى المحاور الأفقية والعمودية فقط. وعليه, يمكن إستخدام ربع التركيب (أي ربع الصفيحة المربعة) في كل من عملية التحليل وعملية الحصول على الحل Solution.



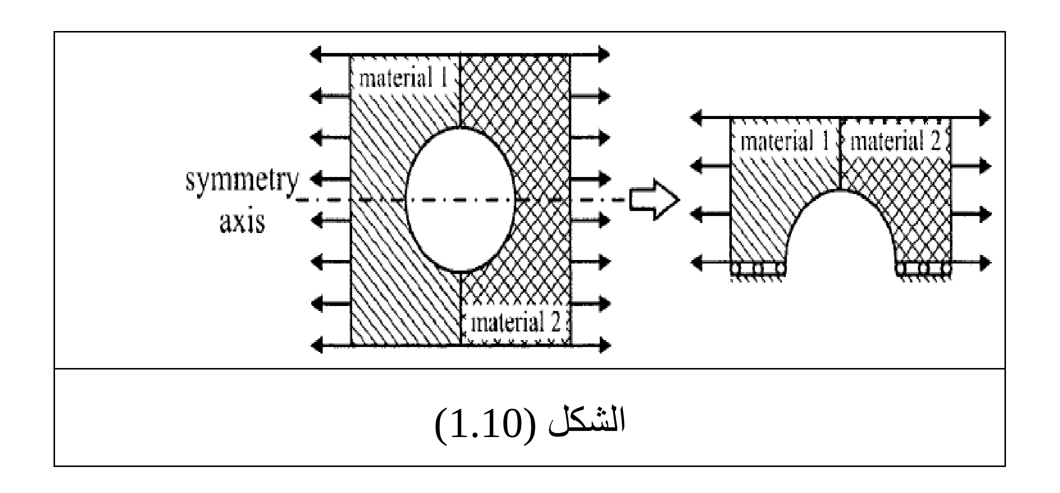
الشكل (1.8)

وعندما يتم تغيير تسليط التحميل بالإتجاه العمودي كما مبين في الشكل(1.9) فإن التحميل يصبح متناظراً بالنسبة الى المحور العمودي Vertical Axis فقط. وعلى الرغم من أن الشكل الهندسي يبدي التناظر الثمني Octant Symmetry فإن التناظر النصفي Half-Symmetry يصبح ضرورياً للحصول على الحل Solution.

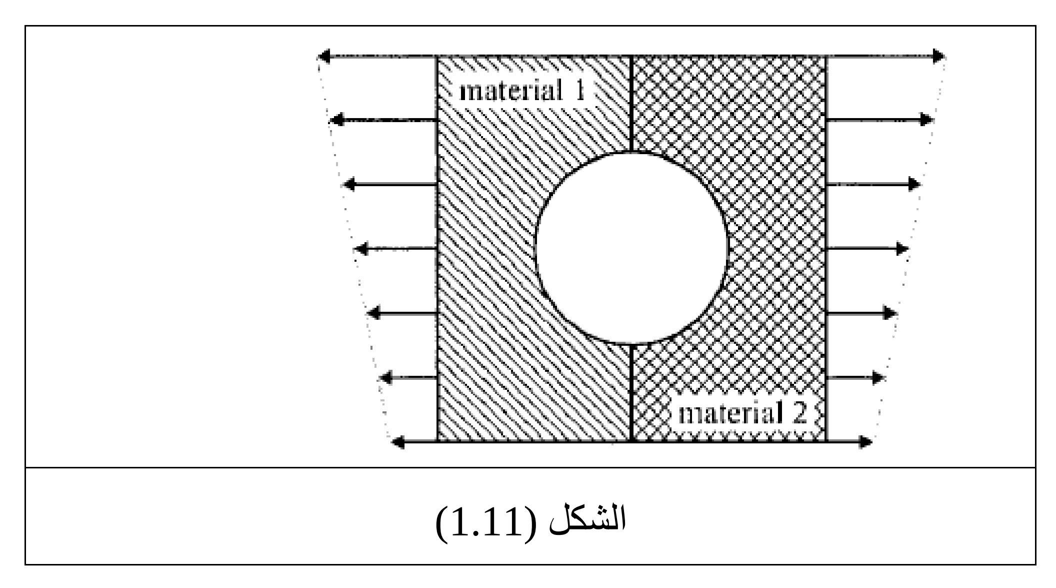


الشكل (1.9)

وعندما نأخذ نفس الصفيحة ولكنها مكونة من مادتين مختلفتين كما مبين في الشكل(1.10) فإن حالة التحميل تسمح بالتناظر الربعي Quarter Symmetry أما خواص المادة Material Properties فإنها تكون متناظرة بالنسبة الى المحور الأفقي Horizontal Axis فقط. وعليه, فإنها تكون محددة بالتناظر النصفي Half Symmetry. أما عندما تخضع هذه الصفيحة الى تحميل شدي أفقي Horizontal Tensile Loading بحيث يكون متغيراً في الإتجاه العمودي كمل مبين في الشكل(1.11) فإن التناظر يكون معدوماً في هذه الحالة.



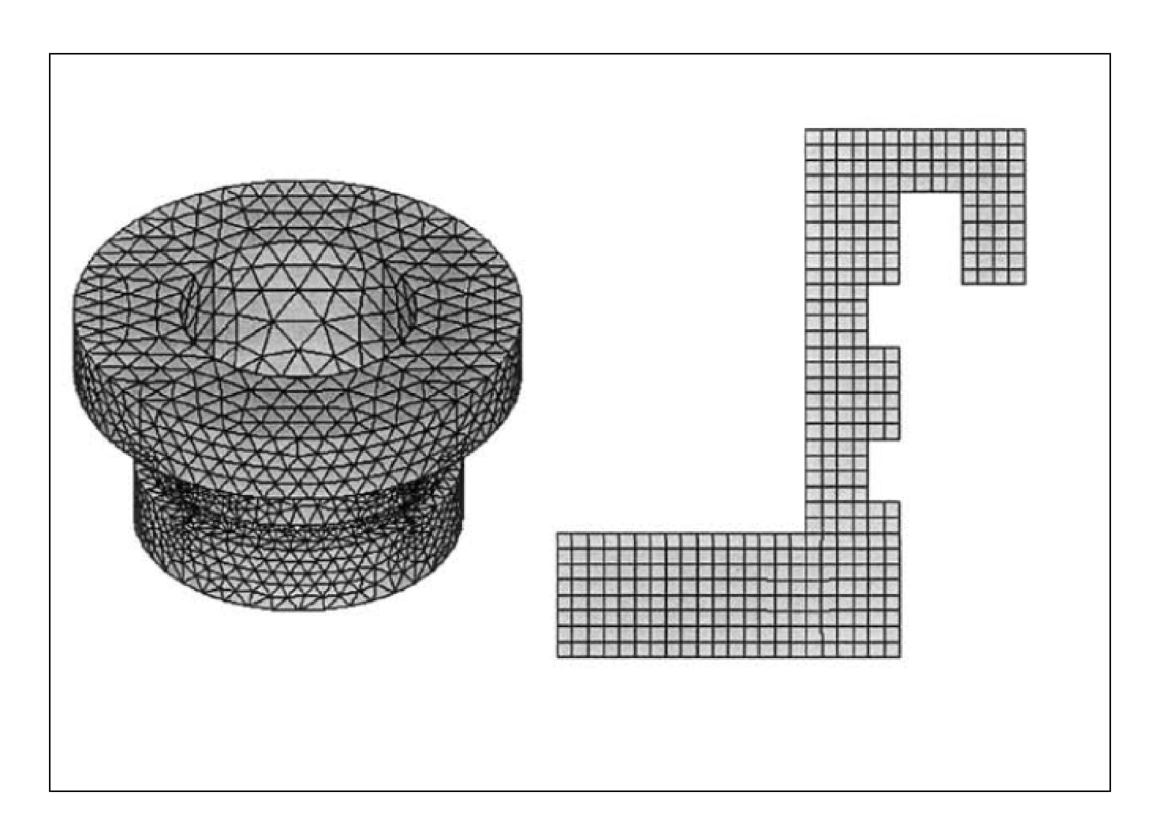
الشكل (1.10)



الشكل (1.11)

من هنا, فإن التركيب يمكن أن يبدي تناظراً في صنف أوأكثر من الأصناف المذكورة في أعلاه. وعليه, يجب أن نحاول قدر الإمكان إستخدام أصغر جزء ممكن من التركيب بحيث يمثل ذلك التركيب بأكمله. فعندما يبدي النظام الفيزيائي تناظراً من حيث الشكل الهندسي Geometry ,

خواص المادة Material Properties , وقيود الإزاحة Displacement Constraints فإنه من الجدوى الحاسوبية إستخدام التناظر خلال عملية التحليل. أضف الى ذلك, أن إستخدام التناظر يؤدي الى الحصول على نتائج جيدة لأنه يمكن من خلاله أن نحصل على نموذج بشكل أكثر تفصلاً من إستخدام النموذج بأكمله. على سبيل المثال, إستخدام تشبيك العنصر الثلاثي الأبعاد 3-D Finite Element Mesh المبين في الشكل(1.12) يتضمن إستخدام 18739 من العناصر الرباعية الأوجه Tetrahedral Elements و5014 عقدة.



الشكل (1.12)

أما عند إستخدام التشبيك الثنائي 2-D Mesh بالنسبة للمقطع العرضي الضروري لتحليل التناظر المحوري Axisymmetric فإنه يتضمن إستخدام 372 من العناصر الرباعية الأضلاع Quadrilateral Elements و 447 عقدة. من هنا, فإن إستخدام التناظرفي هذه الحالة سوف يخفض من الفترة الزمنية المطلوبة لوحدة المعالجة المركزية Central Processing Unit (CPU) للحصول على الحل علماً بأنه يمكن الحصول على نفس مستوى الدقة بالنسبة للنتائج مقارنة مع الحالة الأولى.

1.2.4.2 كثافة التشبيك Mesh Density

بصورة عامة, العدد الكبير للعناصر Elements يزودنا بتقريب جيد للحل. ومن ناحية أخرى, في بعض الحالات الإفراط بعدد العناصر يمكن أن يزيد من الخطأ التقريبي Round-off Error. من هنا, يجب أن يكون التشبيك Mesh ناعماً أوخشناً على نحوكافي في المناطق المناسبة. أما ماهي درجة النعومة أودرجة الخشونة في هذه المناطق فهومن الأسئلة المملة التي يجب أن تؤخذ بنظر الإعتبار. ولسوء الحظ, فإن الإجابة المحددة حول هذه الأسئلة المتعلقة بنعومة التشبيك Mesh Refinement تكون غيرمتوفرة نظراً لكونها تعتمد بشكل تام على النظام الفيزيائي (المطلوب دراسته) وعلى الرغم من ذلك, **فهناك بعض التقنيات التي يمكن أن تساعد في الإجابة على هذه الأسئلة وتتضمن:**

1. التشبيك المعدّل Adaptive Meshing.

2. إختبار نعومة التشبيك بإستخدام برنامج Ansys Mesh Refinement Test Within Ansys.

3. النمذجة الفرعية Submodeling.

التشبيك المعدّل Adaptive Meshing

حيث إن التشبيك الناتج Generated Mesh يتطلب إستخدام معيار الخطأ المسموح Acceptable Error Criteria. حيث يقوم المستخدم بتزويد المعلومة ضمن مستوى الخطأ المسموح Acceptable Error Level. **إن هذا النوع من التشبيك يكون متوفراً فقط في حالة:**

1. التحليل الإنشائي (التركيبي) الساكن الخطي Linear Static Structural.

2. التحليل الحراري للحالة المستقرة Steady-State Thermal Analysis.

إختبار نعومة التشبيك بإستخدام برنامج Ansys Mesh Refinement Test Within Ansys

في البداية يتم إجراء التحليل بالنسبة للتشبيك الأولي Initial Mesh ومن ثم يعاد التحليل بإستخدام ضعف عدد العناصر. بعد ذلك, يتم مقارنة الحلول لكلا الحالتين, فإذا كانت النتائج متقاربة فإن التشبيك الأولي يعتبر كافياً , أما عندما تكون هناك فروق كبيرة مابين الحالتين فإن عملية التحليل

يجب أن تستمر بدرجة نعومة أكثر للتشبيك ومن ثم يتم إجراء المقارنة اللاحقة حتى يتم التوصل الى التقارب المطلوب في النتائج.

النمذجة الفرعية Submodeling

عندما يؤدي إختبار نعومة التشبيك Mesh Refinement Test الى الحصول على نتائج متطابقة بشكل تقريبي لأغلب المناطق وفروقات كبيرة في جزء واحد فقط من النموذج Model , فإنه يجب إستخدام ميزة النمذجة الفرعية الموجودة في البرنامج Ansys Built-in submodeling feature of وذلك للتحكم بنعومة التشبيك الموضعي Localized Mesh Refinement.

1.3 تنظيم برمجيات Ansys Organization of Ansys Software

هناك مستويين رئيسين في برنامج Ansys كما مبين في الشكل(1.13):

1. مستوى البدء Begin Level.
2. مستوى المعالج Processor Level.

مستوى البدء Begin Level

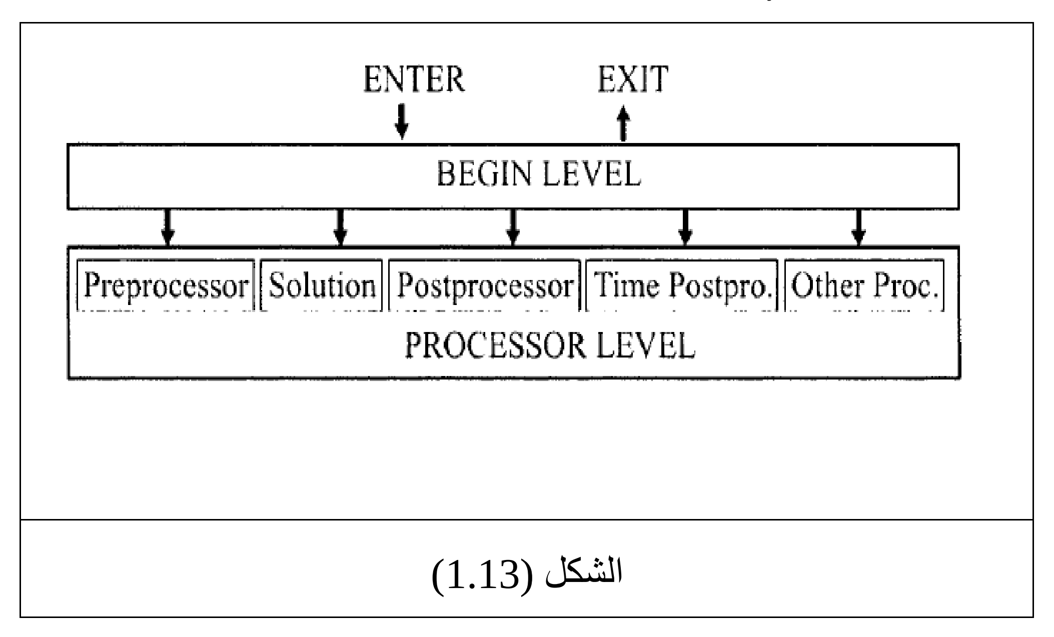
حيث يمثل بوابة الدخول والخروج من برنامج Ansys كما أنه يمثل القاعدة التصميمية Platform التي تستخدم بعض أدوات التحكم العامة مثل تغيير إسم المهمة Jobname...الخ.

مستوى المعالج Processor Level

إن هذا المستوى يحوي على المعالجات Processors التي تتضمن:

1. المعالج السابق Preprocessor.
2. معالج الحل Solution Processor.
3. المعالج اللاحق Postprocessor ...الخ.

وتستخدم هذه المعالجات عادة في إنجاز عملية تحليل العناصر المحددة Finite Element Analyses. إن المستخدم User يكون عادة في مرحلة أومستوى البدء Begin Level بعد الدخول الى برنامج Ansys. وبإمكانه الدخول الى مرحلة أومستوى المعالجة Processor Level بواسطة النقر على أحد خيارات المعالجات الموجودة في القائمة الرئيسية لبرنامج Ansys Ansys Main Menu.



الشكل (1.13)

طريقة التحليل بواسطة برنامج Ansys Analysis Ansys Approach

بصورة عامة, هناك ثلاث خطوات رئيسية يتم إتباعها في عملية التحليل بواسطة برنامج Ansys وتتضمن:

1. توليد النموذج Model Generation.
2. الحل Solution.
3. إستعراض النتائج Review Results.

توليد النموذج Model Generation

حيث يتضمن:

1. الإيضاح (التبسيط) Simplification والأمثلية Idealization.
2. تعريف خواص المادة/المواد Define Material(s) Properties.
3. توليد نموذج العنصر المحدد (التشبيك) Generate Finite Element Model (Mesh).

الحل Solution

ويتضمن:

1. تحديد الشروط الحدودية Specify Boundary Conditions.
2. الحصول على الحل Obtain Solution.

إستعراض النتائج Review Results

تتضمن خطوة إستعراض النتائج مايلي:

1. رسم/إدراج النتائج Plot/List Results.
2. التحقق من الحل Check for Validity.

إن كل من الخطوات أعلاه, تناظر المعالج أوالمعالجات المناسبة لها في مستوى المعالجة Processor Level. فتوليد النموذج يتم عادة بإستخدام المعالج السابق Preprocessor وتسليط الحمل والحل يتم بإستخدام معالج الحل Solution Processor. وأخيراً, يتم إستعراض النتائج بإستخدام المعالج اللاحق العام General Postprocessor والمعالج اللاحق لتأريخ الزمن Time History Postprocessor في مسائل الحالة المستقرة (الساكن) Steady State (Static) والحالة العابرة (المعتمدة على الزمن) Transient State(Time-Dependent) على التوالي. وهناك عدة معالجات في برنامج Ansys يتم إستخدامها في أغلب الأحيان في مسائل الأمثلية والإحتمالية Optimization and Probabilistic-Type Problems. **وهنا, سوف نتطرق بشكل موجز الى المعالجات المستخدمة بشكل شائع والتي تتضمن:**

1. معالج Ansys السابق Ansys Preprocessor.
2. معالج Ansys للحل Ansys Solution Processor.
3. معالج Ansys اللاحق العام Ansys General Postprocessor.

4. معالج Ansys اللاحق لتاريخ الزمن Ansys Time History Postprocessor.

1.4.1 معالج Ansys السابق Ansys Preprocessor

إن عملية توليد النموذج Model Generation تتم عادة بإستخدام هذا المعالج والتي تتضمن:

1. تعريف المادة Material Definition.
2. إنشاء النموذج الصلب Solid Model Creation.
3. التشبيك Meshing.

أما المهام الرئيسية التي تتم بإستخدام هذا المعالج فإنها تتضمن:

1. تحديد نوع العنصر Specify Element Type.
2. تعريف الثوابت الحقيقية (إذا تطلب ذلك بالإعتماد على نوع العنصر) Define Real Constants.
3. إنشاء الشكل الهندسي للنموذج Create Model Geometry.
4. إنشاء التشبيك Create The Mesh.

وعلى الرغم من أن الشروط الحدودية Boundary Conditions يمكن تحديدها بإستخدام هذا المعالج إلا أنها تطبق عادة بإستخدام معالج الحلSolution Processor.

1.4.2معالج Ansys للحل Ansys Solution Processor

يستخدم هذا المعالج للحصول على الحل لنموذج العنصر المحدد Finite Element Model الذي يتم الحصول عليه بواسطة المعالج السابق. أما المهام الرئيسية فإنها تتضمن:

1. تعريف نوع التحليل وخيارات التحليل Define Analysis Type and Analysis Options.
2. تحديد الشروط الحدودية Specify Boundary Conditions.
3. الحصول على الحل Obtain Solution.

1.4.3 معالج Ansys اللاحق العام Ansys General Postprocessor

في هذا المعالج يتم عادة إستعراض النتائج عند فترة زمنية معينة (إذا كان نوع التحليل عابر Transient) للنموذج الكامل أوجزء منه, حيث يتضمن مايلي:

1. الرسم الكفافي (الكنتوري) Contour Plotting.
2. إظهار (عرض) المتجهات Vector Display.
3. إظهار الأشكال المشوهة Deformed Shapes.
4. إدراج النتائج بنسق مجدول Listing Results in Tabular Format.

1.4.3 معالج Ansys اللاحق لتاريخ الزمن Ansys Time History Postprocessor

إن هذا المعالج يستخدم عادة في إستعراض النتائج عند نقاط معينة من الفترة الزمنية (إذا كان التحليل عابر). وكما هوالحال بالنسبة للمعالج اللاحق العام فإنه يزودنا أيضاً بالرسوم البيانية وإدراج النتائج بشكل مجدول كدالة للزمن.

1.5 تركيب ملف برنامج Ansys File Structure Ansys

يتم عادة إنشاء عدة ملفات خلال عملية التحليل بإستخدام برنامج Ansys. بعض هذه الملفات تكون بنسق أسكي ASCII (American Standard Code for Information Interchange) أي ملفات بنسق الشيفرة القياسية الأميركية لتبادل المعلومات وبعضها الآخر بنسق ثنائي Binary Format. وهنا سوف نتطرق بشكل موجز الى أنواع الملفات الشائعة والتي تتضمن:

1. ملف قاعدة البيانات Database File.
2. ملف السجل Log File.
3. ملف الخطأ Error File.
4. ملفات النتائج Results Files.

1.5.1 ملف قاعدة البيانات Database File

خلال عملية التحليل النموذجية لبرنامج Ansys تخزن كل من بيانات الإدخال والإخراج Input and Output Data في الذاكرة حتى يتم حفظها في ملف قاعدة البيانات الذي يحفظ في دليل العمل Working Directory. إن التركيب النحوي Syntax لإسم ملف قاعدة البيانات هوjobname.db. حيث أن هذا الملف الثنائي يتضمن:

1. نوع العنصر Element Type.
2. خواص المادة Material Properties.
3. الشكل الهندسي (النموذج الصلب) (Geometry (Solid Model.
4. التشبيك (الإحداثيات العقدية وترابطية العنصر) Mesh (Nodal Coordinates and Element Connectivity).
5. النتائج (إذا تم الحصول على الحل) Results.

وحالما يتم حفظ ملف قاعدة البيانات فبإمكان المستخدم إستعادة هذا الملف في أي وقت. وجدير بالذكر, بانه هناك ثلاث أساليب لإستعادة وحفظ ملف قاعدة البيانات تتضمن:

1. إستخدام قائمة الخدمات المساعدة Utility Menu.
2. النقر على الزر SAVE_DB أوالزر RESUME_DB في شريط أدوات Ansys Ansys Toolbar.

3. إصدار الأمر SAVE أو RESUME في مجال الإدخال Input Field.

1.5.2 ملف السجل Log File

إن ملف السجل هو عبارة عن ملف بنسق أسكي الذي يتم إنشاؤه (أو إستعادته) حالاً بعد الدخول الى برنامج Ansys. إن كل فعل يصدره المستخدم يخزن عادة بشكل متتابع في هذا الملف وبنسق الأوامر Command Format (لغة تصميم برنامج Ansys البارامترية Ansys Parametric Design Language-APDL). إن التركيب النحوي (اللغوي) Syntax لإسم ملف السجل (الذي يحفظ أيضاً في دليل العمل) هوjobname.log. وعندما يكون jobname.log موجوداً بشكل مسبق في دليل العمل فإن برنامج Ansys يضيف الأوامر الصادرة حديثاً بدلاً من إعادة كتابة الأوامر. **ويمكن الإستفادة من هذا الملف في:**

1. فهم كيفية إجراء التحليل من قبل المستخدم.
2. تعلّم الأوامر المكافئة للعمليات التي يتم إجراؤها بإستخدام نوافذ برنامج Ansys.

1.5.3 ملف الخطأ Error File

حيث يكون مشابهاً لملف السجل من حيث أنه يكون بنسق أسكي ويتم إنشاؤه (أوإستعادته) حالاً بعد الدخول الى برنامج Ansys. إن هذا الملف يقوم عادة بإستلام جميع الرسائل التحذيرية Warning Messages ورسائل الخطأ Error Messages التي يتم إصدارها بواسطة برنامج

Ansys خلال جلسة البرنامج. وهويحفظ عادة في دليل العمل. أما التركيب النحوي للإسم فهو jobname.err. وعندما يكون jobname.err موجوداً بشكل مسبق في دليل العمل فإن برنامج Ansys يقوم بإضافة الرسائل التحذيرية ورسائل الخطأ الصادرة حديثاً بدلاً من إعادة الكتابة في الملف. إن هذا الملف يكون مهماً بشكل خاص عندما يقوم برنامج Ansys بإصدار عدة رسائل تحذيرية ورسائل خطأ بصورة سريعة خلال الجلسة التفاعلية Interactive Session. ومن ثم بإمكان المستخدم مراجعة ملف الخطأ لإستكشاف أسباب كل من رسائل الخطأ والرسائل التحذيرية.

1.5.4 ملف النتائج Results Files

إن نتائج تحليل برنامج Ansys تخزن عادة في ملف النتائج Results File بشكل منفصل. ويكون هذا الملف من النوع الثنائي. ويأخذ عادة إمتداد الملف File Extension أشكالاً مختلفة إعتماداً على نوع التحليل المستخدم. والتراكيب النحوية التالية تستخدم للإشارة الى إسم ملف النتائج إعتماداً على نوع التحليل:

Structural Analysis: *jobname.rst*

Thermal Analysis: *jobname.rth*

Fluid Analysis: *jobname.rfl*

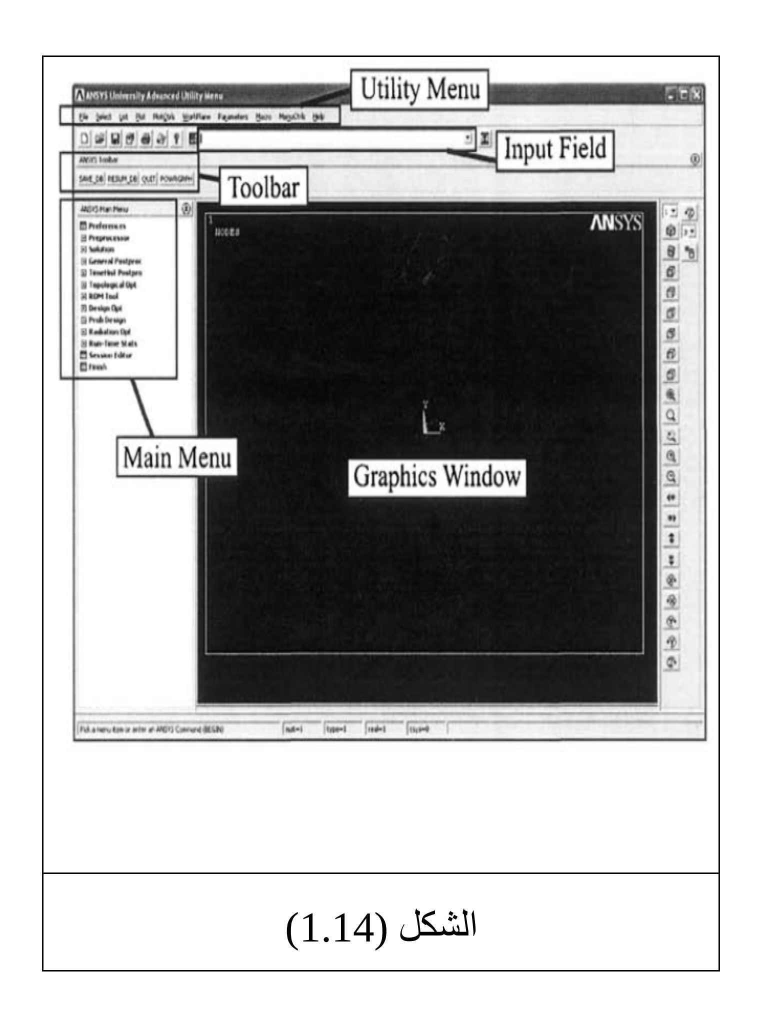
1.6 وصف قوائم ونوافذ برنامج Ansys

Description of Ansys Menus and Windows

عند إستخدام برنامج Ansys بإسلوب النمط التفاعلي Interactive Mode فإن واجهة المستخدم الرسومية Graphical User Interface (GUI) يتم تفعيلها. **ويمكن تقسيم هذه الواجهة الى ستة أجزاء تتضمن:**

1. قائمة الخدمات المساعدة Utility Menu.
2. القائمة الرئيسية Main Menu.
3. شريط الأدوات Toolbar.
4. مجال الإدخال Input Field.
5. نافذة الرسومات Graphics Window.
6. نافذة المخرجات Output Window.

الشكل (1.14) يبين واجهة المستخدم الرسومية النموذجية مع أجزاءها.



الشكل (1.14)

قائمة الخدمات المساعدة Utility Menu

تحوي قائمة الخدمات المساعدة على العديد من الدوال المساعدة التي تكون مستقلة عن مستويات Ansys (أي مستويات البدء والمعالجة Begin and Processor Level) مع وجود بعض الإستثناء. إن هذه القائمة تتكون من عشرة أجزاء كل جزء يؤدي الى فتح قائمة منسدلة

(منفتحة) نحوالأسفل Pull-Down Menu من الأجزاء الفرعية. وأن النقر بزر الفأرة الأيسر على هذه الأجزاء يؤدي الى الحصول على الخيارات التالية:

1. فتح قائمة فرعية Submenu يشار إليها من خلال الأيقونة التي تكون بشكل سهم متجه نحو اليمين .
2. تنفيذ الوظيفة المطلوبة حالاً.
3. فتح صندوق الحوار Dialog Box المشار إليه بالأيقونة أوالرمز (...).
4. فتح قائمة الإنتقاء Picking Menu المشار إليها بالأيقونة أوالرمز (+).

وهنا سوف نتطرق بشكل موجز الى أجزاء قائمة الخدمات المساعدة.

قائمة الملف File Menu

حيث يتضمن الدوال المرتبطة بقواعد البيانات Database-Related Function مثل تنظيف قاعدة البيانات , قراءة ملف الإدخال Input File , حفظ قاعدة البيانات في الملف , أوإستعادة (إستدعاء) قاعدة البيانات من الملف , أضف الى ذلك, أنه يمكن إستخدام هذا الجزء من قائمة الخدمات المساعدة في في الخروج Exit من البرنامج.

قائمة الإختيار Selection Menu

حيث يتضمن الدوال التي تتيح للمستخدم إختيار مجموعة فرعية Subset من البيانات وإنشاء المكونات Components.

قائمة الإدراج List Menu

إن هذه القائمة تسمح للمستخدم بإدراج أي بيانات مخزونة في قاعدة البيانات. أضف الى ذلك, أن معلومة الحالة Status Information حول المساحات المختلفة من البرنامج ومحتويات الملفات في النظام تكون موجودة في هذه القائمة.

قائمة الرسم Plot Menu

تتيح هذه القائمة للمستخدم رسم كائنات برنامج Ansys Ansys Entities الأساسية مثل النقاط الأساسية Keypoints , الخطوط Lines , المساحات Areas , الحجوم Volumes , العقد Nodes , والعناصر Elements. وبعد الحصول على الحل Solution يمكن إستخدام هذه القائمة في الحصول على الرسومات البيانية للنتائج.

قائمة التحكم بالرسومات PlotCtrls

تتضمن هذه القائمة الدوال التي تتحكم في عرض View الرسومات , والخصائص الأخرى للعروض الرسومية Graphics Displays.

قائمة مستوى العمل WorkPlane

حيث تكون مناسبة في الحصول على النموذج الصلب المطلوب Solid Model Generation. كما أن هذه القائمة تمكّن المستخدم من التبديل مابين تفعيل أوعدم تفعيل مستوى العمل كما تتيح له تحريك وتدوير مستوى

العمل. أضف الى ذلك, إمكانية التحكم في عمليات نظام الإحداثيات Coordinates System Operations.

قائمة المعاملات Parameters

حيث تحوي على الدوال التي تستخدم في تعريف, تحرير, وإلغاءالمعاملات العددية والمصفوفات Scalar and Array Parameters.

قائمة الماكرو(الإيعازات المركبة) Macro Menu

إن هذه القائمة تسمح للمستخدم تنفيذ الماكروات وكتل البيانات. وبإمكان المستخدم أن يقوم بمعالجة الأزرار الإنضغاطية Push-Buttons في شريط الأدوات من خلال هذه القائمة.

قائمة التحكم بالقوائم MenuCtrls

حيث تتيح للمستخدم التحكم بتنسيق القوائم Menu Format بالإضافة الى معالجة شريط الأدوات Toolbar.

قائمة المساعدة Help Menu

حيث يمكن من خلالها الدخول الى نظام المساعدة في برنامج Ansys Ansys Help System.

1.6.2 القائمة الرئيسية Main Menu

تتضمن هذه القائمة الدوال والمعالجات الرئسية لبرنامج Ansys مثل المعالج السابق Preprocessor , ومعالج الحل Solution Processor , والمعالج اللاحق Postprocessor. وتتميز هذه القائمة بتركيب شجيري Tree-Structure أي أن القوائم Menus والقوائم الفرعية Submenus قابلة للعرض أوالطي. وبشكل مشابه لقائمة الخدمات المساعدة, فإن النقر بزر الفأرة الأيسر على أحد أجزاء القائمة الرئيسية **يمكن أن يؤدي الى إحدى الخيارات التالية:**

1. عرض أوطي القوائم الفرعية المرتبطة بجزء القائمة الرئيسية ويشار الى ذلك من خلال الرموز (+) و(-) على.
2. فتح صندوق الحوار المشار إليه بالأيقونة أو .
3. فتح قائمة الإنتقاء Pick Menu المشار إليها بالأيقونة أو رمز .

1.6.3 شريط الأدوات Toolbar

يحوي هذا الشريط على مجموعة من الأزرار الإنضغاطية Push-Buttons التي تؤدي الوظائف المستخدمة بشكل متكرر في برنامج Ansys. وعندما يبدأ المستخدم بالدخول الى برنامج Ansys فإن الأزرار الإنضغاطية المعرّفة مسبقاً مثل ***QUIT, SAVE_DB, RESUM_DB*** تظهر في شريط الأدوات. هذا, وبإمكان المستخدم أن يقوم بإنشاء الأزرار الإنضغاطية المخصصة Customized Push-Buttons وإلغاء أو تحرير الأزرار الموجودة.

1.6.4 مجال الإدخال Input Field

يتيح هذا المجال للمستخدم طباعة الأوامر Commands بشكل مباشر كإسلوب بديل لإستخدام القوائم أو أجزاءها. **ويتكون مجال الإدخال من منطقتين رئيسيتين هما:**

1. صندوق إدخال الأمر Command Entry Box.
2. الذاكرة الوسيطة (ذاكرة التأريخ) History Buffer.

1.6.5 نافذة الرسومات Graphics Window

إن جميع رسومات برنامج Ansys تعرض في نافذة الرسومات. وبإمكان المستخدم إجراء جميع خيارات الإنتقاء الرسومي Graphical Picking في هذه النافذة.

1.6.6 نافذة المخرجات Output Window

إن جميع المخرجات النصية الناتجة من الإستجابة للأوامر Command Responses , الرسائل التحذيرية Warnings , ورسائل الخطأ Errors , تظهر في نافذة المخرجات. وتقع هذه النافذة عادة خلف النافذة الرئيسية لبرنامج Ansys ويمكن إحضارها الى الأمام إذا تطلب ذلك.

1.7 إستخدام نظام المساعدة في برنامج Ansys

Using The Ansys Help System

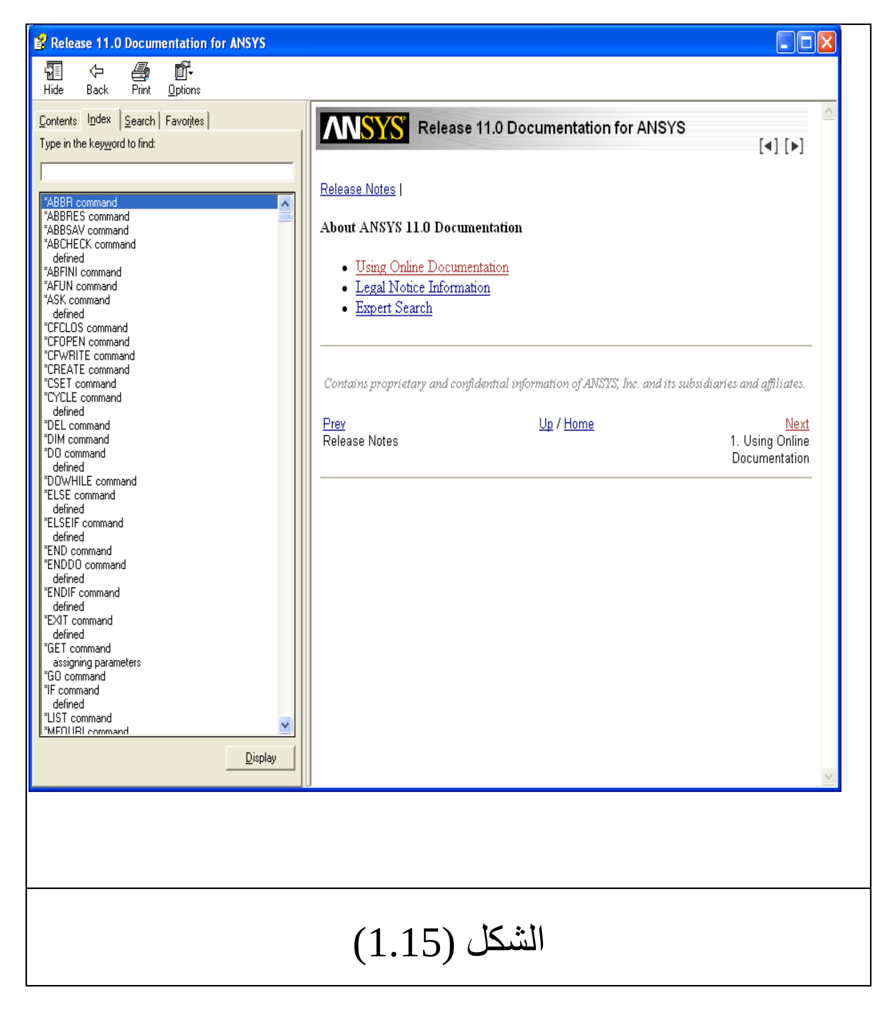
إن المعلومات المهمة حول الخطوات الأساسية في برنامج Ansys , أوامر برنامج Ansys , والمفاهيم الأساسية لهذا البرنامج يمكن إيجادها في نظام المساعدة الموجود في برنامج Ansys. من هنا, فإنه من الجدوى معرفة كيفية إستخدام نظام المساعدة في برنامج Ansys. وبإستخدام واجهة المستخدم الرسومية Graphical User Interface (GUI) يمكننا الدخول الى نظام المساعدة من خلال الأساليب التالية:

1. بواسطة إختيار قائمة مساعدة Help Menu من قائمة الخدمات المساعدة Utility Menu.
2. بواسطة الضغط على زر المساعدة Help Button الموجودة ضمن صناديق الحوار Dialog Boxes.
3. إدخال الأمر مساعدة HELP Command في مجال الإدخال Input Field ومن ثم الضغط على مفتاح الإدخال Enter.

وجدير بالذكر أن نظام المساعدة Help System متوفر بشكل برنامج قائم بذاته Stand-Alone Program خارج نظام برنامج Ansys.

وبإمكان المستخدم الحصول على الموضوع المرغوب (المطلوب) من نظام المساعدة بواسطة إختياره من جدول المحتويات Contents Table أوجدول الفهرس (الدليل) Index Table أوكلمة البحث Search Word أوبواسطة إختيار إرتباط نص تشعبي Hypertext Link وكما مبين في الشكل (1.15) **فإن هناك أربع تبويبات Tabs على يسار نافذة المساعدة Help Window تتضمن:**

1. تبويب المحتويات Contents.
2. تبويب الفهرس (الدليل) Index.
3. تبويب البحث Search.
4. تبويب المفضلة (المفضلات) Favorites.



الشكل (1.15)

أما صفحات المساعدة Help Pages فإنها تظهر على الجانب الأيمن من نافذة المساعدة. **وهنا سيتم التطرق بشكل موجز الى:**

1. المحتويات في نظام المساعدة Help System Contents.
2. الفهرس (الدليل) في نظام المساعدة Help System Index.
3. البحث في نظام المساعدة Help System Search.

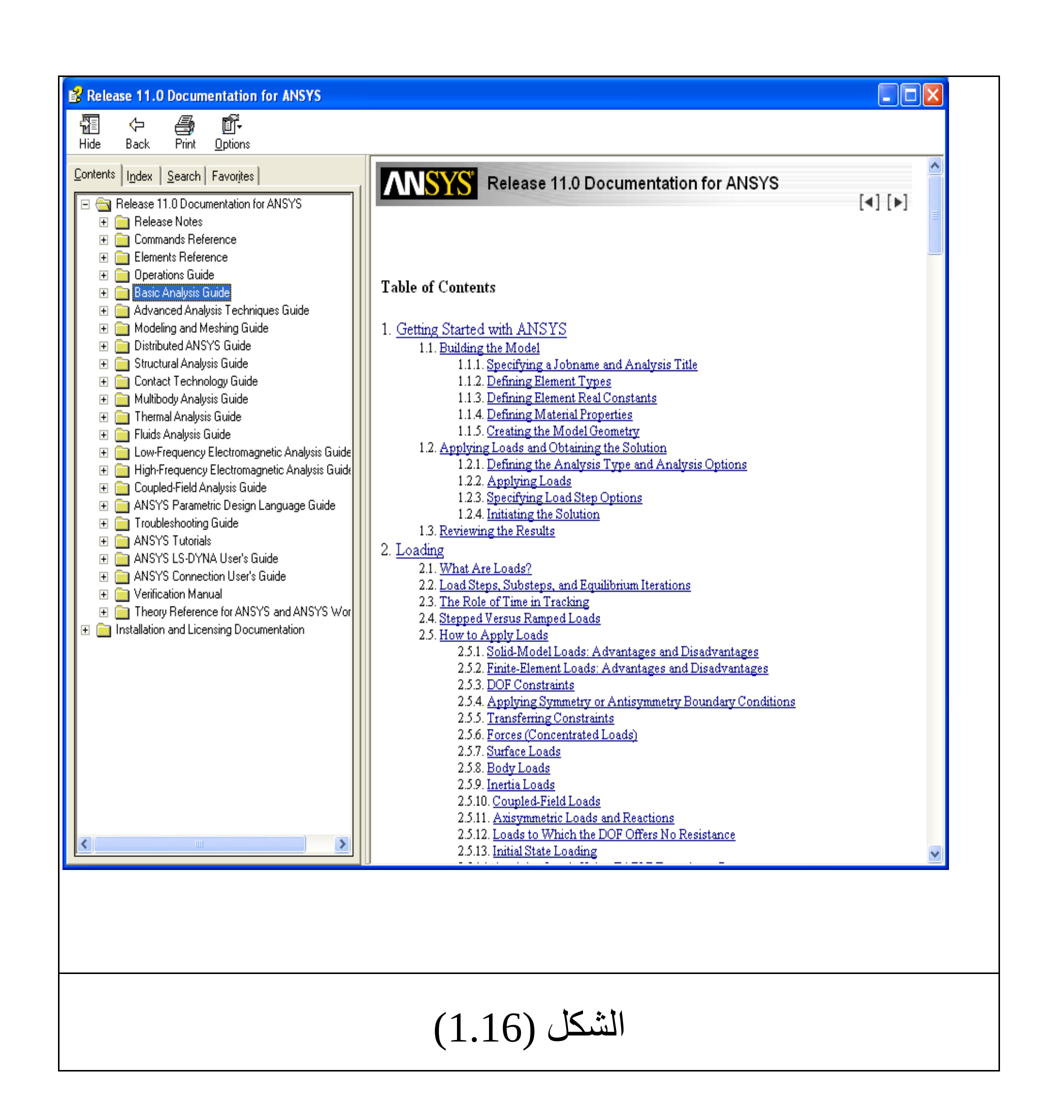
4. المفضلات في نظام المساعدة Help System Favorites.

1.7.1 المحتويات في نظام المساعدة Help System Contents

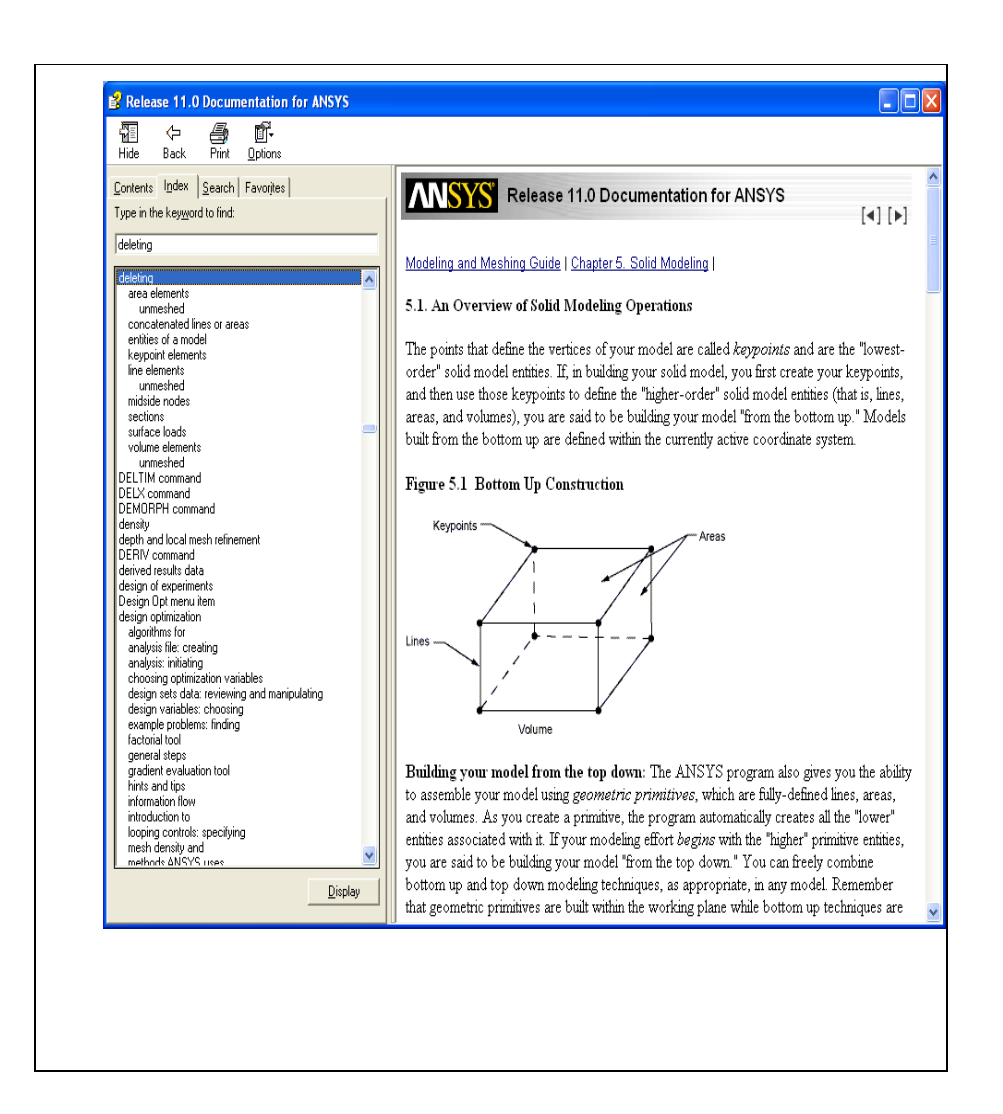
إن التبويب Tab الموجود على يسار نافذة المساعدة هوتبويب المحتويات Contents Tab كما مبين في الشكل (1.16). وهومجموعة مختلفة من الكتب الدليلية (التعليمية) لبرنامج Ansys Ansys Manuals الحاوية على آلاف الصفحات. إن تبويب المحتويات منظّم بإسلوب التركيب الشجيري Tree Structure بشكل يسهل تتبّعه. وهومفضّل بالنسبة لمستخدمي برنامج Ansys المبتدئيين حيث يمكنهم قراءة الفصول المناسبة في كل دليل Manual.

1.7.2 الفهرس (الدليل) في نظام المساعدة Help System Index

يمثل تبويب الفهرس (الدليل) Index Tab المبين في الشكل (1.17) التبويب الثاني الموجود على الجانب الأيسر من نافذة المساعدة. إن كل صفحة من صفحات المساعدة الموجودة في نظام برنامج Ansys تدرج بشكل مفصل (مفهرس) تحت هذا التبويب. وعليه, من الجدوى معرفة أي من الصفحات المتوفرة للموضوع المراد البحث عنه (الموضوع المطلوب). وبعد كتابة الموضوع الذي نبحث عنه في مجال النص, نلاحظ ظهور قائمة من صفحات المساعدة ذات الصلة بالموضوع وبالتالي بإمكان المستخدم أن يتصفح الموضوع الذي يبحث عنه في صفحات المساعدة.


Release 11.0 Documentation for ANSYS
Hide
Back
Print
Options
Contents
Index
Search
Favorites
Release 11.0 Documentation for ANSYS
Release Notes
Commands Reference
Elements Reference
Operations Guide
Basic Analysis Guide
Advanced Analysis Techniques Guide
Modeling and Meshing Guide
Distributed ANSYS Guide
Structural Analysis Guide
Contact Technology Guide
Multibody Analysis Guide
Thermal Analysis Guide
Fluids Analysis Guide
Low-Frequency Electromagnetic Analysis Guide
High-Frequency Electromagnetic Analysis Guide
Coupled-Field Analysis Guide
ANSYS Parametric Design Language Guide
Troubleshooting Guide
ANSYS Tutorials
ANSYS LS-DYNA User's Guide
ANSYS Connection User's Guide
Verification Manual
Theory Reference for ANSYS and ANSYS Wor
Installation and Licensing Documentation
ANSYS
Release 11.0 Documentation for ANSYS
Table of Contents
1. Getting Started with ANSYS
1.1. Building the Model
1.1.1. Specifying a Jobname and Analysis Title
1.1.2. Defining Element Types
1.1.3. Defining Element Real Constants
1.1.4. Defining Material Properties
1.1.5. Creating the Model Geometry
1.2. Applying Loads and Obtaining the Solution
1.2.1. Defining the Analysis Type and Analysis Options
1.2.2. Applying Loads
1.2.3. Specifying Load Step Options
1.2.4. Initiating the Solution
1.3. Reviewing the Results
2. Loading
2.1. What Are Loads?
2.2. Load Steps, Substeps, and Equilibrium Iterations
2.3. The Role of Time in Tracking
2.4. Stepped Versus Ramped Loads
2.5. How to Apply Loads
2.5.1. Solid-Model Loads: Advantages and Disadvantages
2.5.2. Finite-Element Loads: Advantages and Disadvantages
2.5.3. DOF Constraints
2.5.4. Applying Symmetry or Antisymmetry Boundary Conditions
2.5.5. Transferring Constraints
2.5.6. Forces (Concentrated Loads)
2.5.7. Surface Loads
2.5.8. Body Loads
2.5.9. Inertia Loads
2.5.10. Coupled-Field Loads
2.5.11. Axisymmetric Loads and Reactions
2.5.12. Loads to Which the DOF Offers No Resistance
2.5.13. Initial State Loading

الشكل (1.16)



Release 11.0 Documentation for ANSYS
Hide
Back
Print
Options
Contents
Index
Search
Favorites
Type in the keyword to find:
deleting
deleting
area elements
unmeshed
concatenated lines or areas
entities of a model
keypoint elements
line elements
unmeshed
midside nodes
sections
surface loads
volume elements
unmeshed
DELTIM command
DELX command
DEMORPH command
density
depth and local mesh refinement
DERIV command
derived results data
design of experiments
Design Opt menu item
design optimization
algorithms for
analysis file: creating
analysis: initiating
choosing optimization variables
design sets data: reviewing and manipulating
design variables: choosing
example problems: finding
factorial tool
general steps
gradient evaluation tool
hints and tips
information flow
introduction to
looping controls: specifying
mesh density and
Display
ANSYS
Release 11.0 Documentation for ANSYS
Modeling and Meshing Guide | Chapter 5. Solid Modeling |
5.1. An Overview of Solid Modeling Operations
The points that define the vertices of your model are called keypoints and are the "lowest-order" solid model entities. If, in building your solid model, you first create your keypoints, and then use those keypoints to define the "higher-order" solid model entities (that is, lines, areas, and volumes), you are said to be building your model "from the bottom up." Models built from the bottom up are defined within the currently active coordinate system.
Figure 5.1 Bottom Up Construction
Keypoints
Areas
Lines
Volume
Building your model from the top down: The ANSYS program also gives you the ability to assemble your model using geometric primitives, which are fully-defined lines, areas, and volumes. As you create a primitive, the program automatically creates all the "lower" entities associated with it. If your modeling effort begins with the "higher" primitive entities, you are said to be building your model "from the top down." You can freely combine bottom up and top down modeling techniques, as appropriate, in any model. Remember that geometric primitives are built within the working plane while bottom up techniques are

الشكل (1.17)

1.7.3 البحث في نظام المساعدة Help System Search

حيث بإمكان المستخدم البحث عن الموضوع المفضل في فهرس (دليل) برنامج Ansys Ansys Manuals من خلال طباعة كلمة البحث Search Word في مجال النص أوالطباعة بإستخدام تبويب البحث Search Tab كما مبين في الشكل (1.18). وهذا التبويب يمثل التبويب الثالث الموجود في الجانب الأيسر من نافذة المساعدة Help Window. وكنتيجة للإستعلام أوالسؤال, تظهر قائمة صفحات المساعدة الحاوية على كلمة البحث ومن ثم بإمكان المستخدم إختيار الصفحات المناسبة.

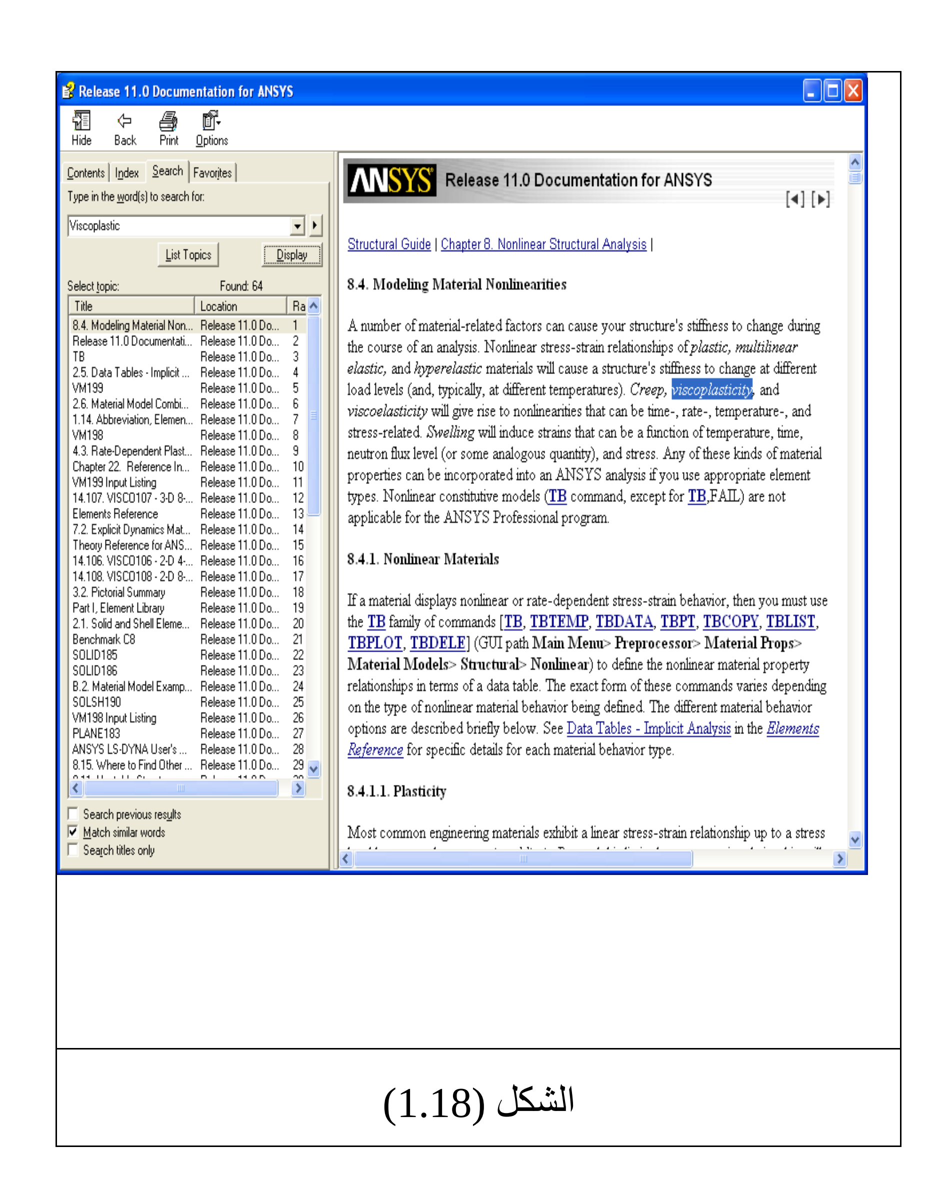
1.7.4 المفضلات في نظام المساعدة Help System Favorites

حيث تمثل التبويب الرابع الذي يقع في الجانب الأيسر من نافذة المساعدة Help Window. ويمكننا من خلال هذا التبويب وضع المفضلات من المواضيع الموجودة في نظام المساعدة لبرنامج Ansys في هذا التبويب للرجوع إليها في أي وقت ويتم ذلك من خلال الخطوات التالية:

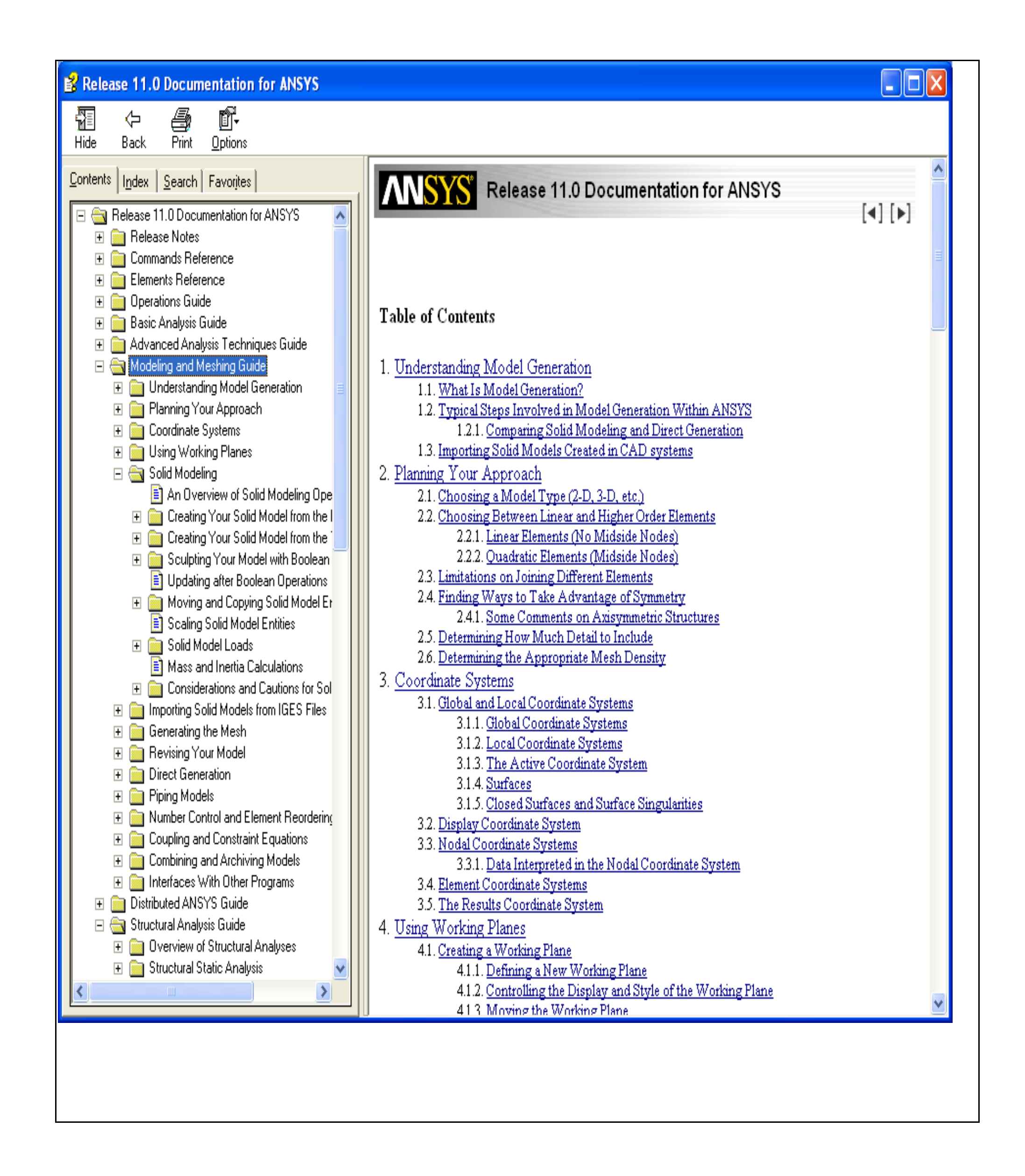
1. إختيار الموضوع المطلوب بإستخدام أحد التبويبات الثلاثة على سبيل المثال نختار الموضوع (Modeling and Meshing Guide) بإستخدام تبويب المحتويات كما مبين في الشكل (1.19).

2. النقر على تبويب المفضلات ونتيجة لذلك نلاحظ ظهور الموضوع أي (Modeling and Meshing Guide) في مجال النص للموضوع الحالي Current Topic كما مبين في الشكل (1.20).

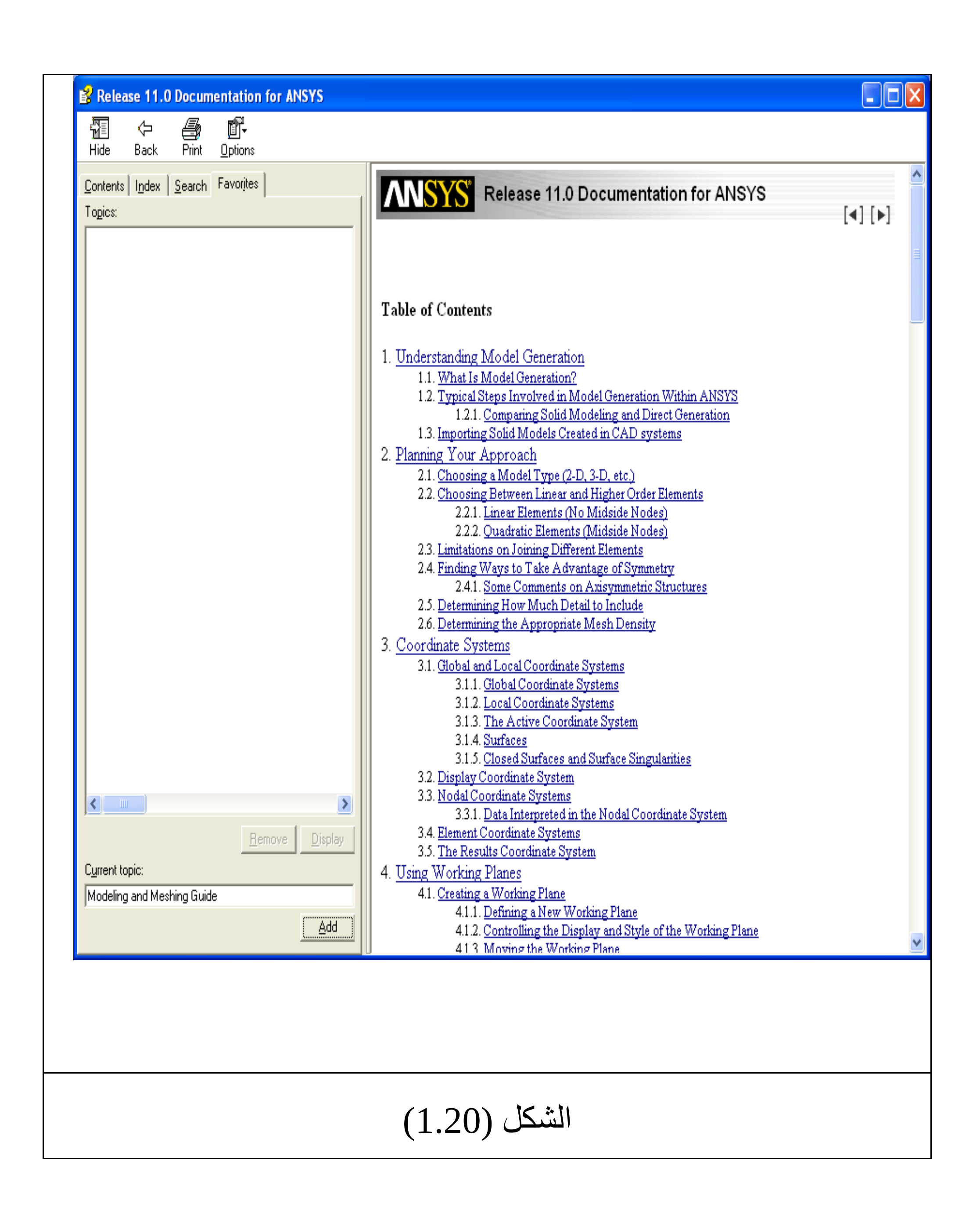
3. النقرعلى زر إضافة Add لإضافة هذا الموضوع الى تبويب المفضلات للرجوع إليه عند الحاجة كما مبين في الشكل (1.21).


Release 11.0 Documentation for ANSYS
Hide
Back
Print
Options
Contents
Index
Search
Favorites
Type in the word(s) to search for:
Viscoplastic
List Topics
Display
Select topic:
Found: 64
Title
Location
8.4. Modeling Material Non...
Release 11.0 Documentati...
TB
2.5. Data Tables - Implicit ...
VM199
2.6. Material Model Combi...
1.14. Abbreviation, Elemen...
VM198
4.3. Rate-Dependent Plast...
Chapter 22. Reference In...
VM199 Input Listing
14.107. VISCO107 - 3-D 8-...
Elements Reference
7.2. Explicit Dynamics Mat...
Theory Reference for ANS...
14.106. VISCO106 - 2-D 4-...
14.108. VISCO108 - 2-D 8-...
3.2. Pictorial Summary
Part I, Element Library
2.1. Solid and Shell Eleme...
Benchmark C8
SOLID185
SOLID186
B.2. Material Model Examp...
SOLSH190
VM198 Input Listing
PLANE183
ANSYS LS-DYNA User's ...
8.15. Where to Find Other ...
Search previous results
Match similar words
Search titles only
ANSYS
Release 11.0 Documentation for ANSYS
Structural Guide | Chapter 8. Nonlinear Structural Analysis |
8.4. Modeling Material Nonlinearities
A number of material-related factors can cause your structure's stiffness to change during the course of an analysis. Nonlinear stress-strain relationships of plastic, multilinear elastic, and hyperelastic materials will cause a structure's stiffness to change at different load levels (and, typically, at different temperatures). Creep, viscoplasticity, and viscoelasticity will give rise to nonlinearities that can be time-, rate-, temperature-, and stress-related. Swelling will induce strains that can be a function of temperature, time, neutron flux level (or some analogous quantity), and stress. Any of these kinds of material properties can be incorporated into an ANSYS analysis if you use appropriate element types. Nonlinear constitutive models (TB command, except for TB,FAIL) are not applicable for the ANSYS Professional program.
8.4.1. Nonlinear Materials
If a material displays nonlinear or rate-dependent stress-strain behavior, then you must use the TB family of commands [TB, TBTEMP, TBDATA, TBPT, TBCOPY, TBLIST, TBPLOT, TBDELE] (GUI path Main Menu> Preprocessor> Material Props> Material Models> Structural> Nonlinear) to define the nonlinear material property relationships in terms of a data table. The exact form of these commands varies depending on the type of nonlinear material behavior being defined. The different material behavior options are described briefly below. See Data Tables - Implicit Analysis in the Elements Reference for specific details for each material behavior type.
8.4.1.1. Plasticity
Most common engineering materials exhibit a linear stress-strain relationship up to a stress

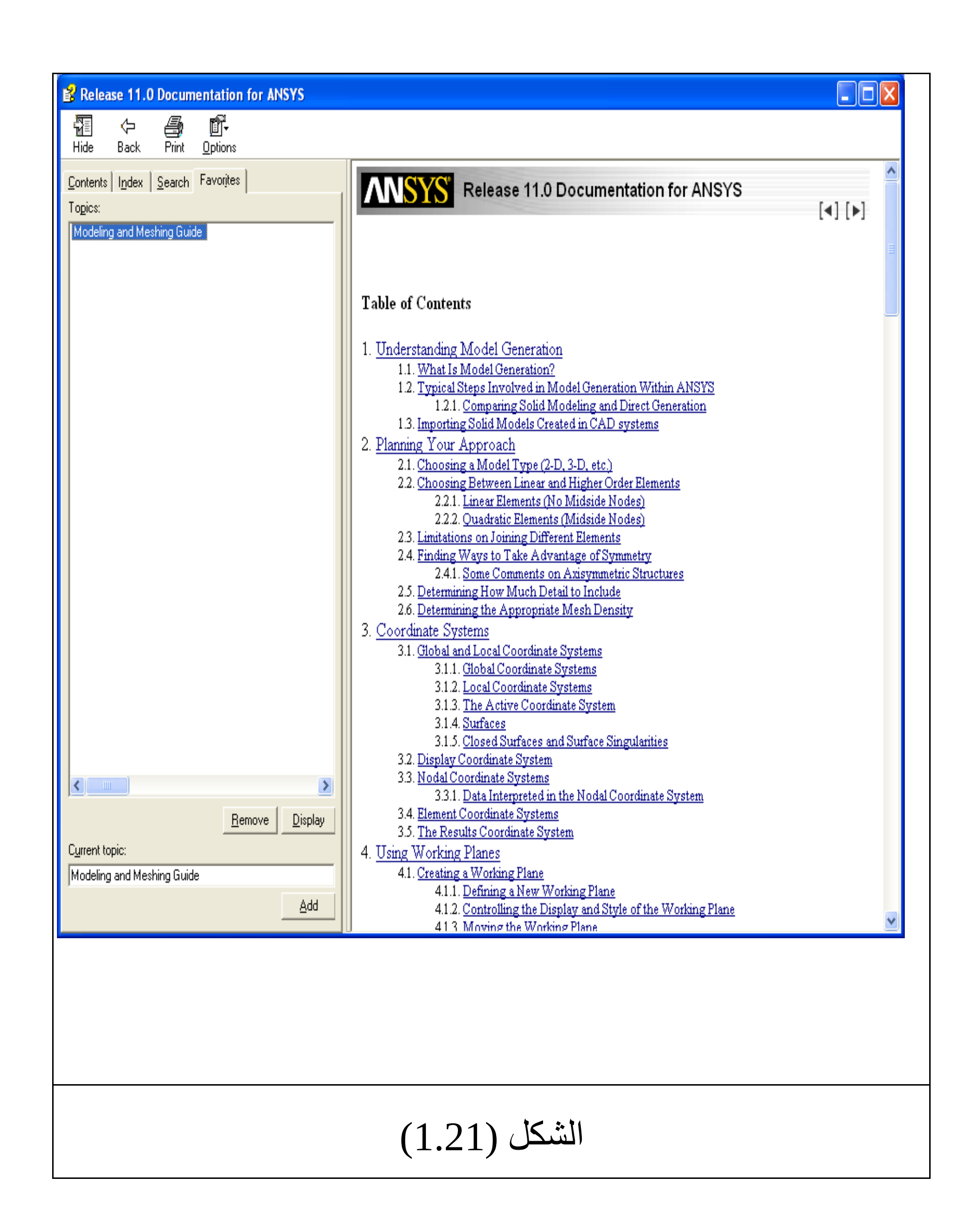
الشكل (1.18)


Release 11.0 Documentation for ANSYS
Hide
Back
Print
Options
Contents
Index
Search
Favorites
Release 11.0 Documentation for ANSYS
Release Notes
Commands Reference
Elements Reference
Operations Guide
Basic Analysis Guide
Advanced Analysis Techniques Guide
Modeling and Meshing Guide
Understanding Model Generation
Planning Your Approach
Coordinate Systems
Using Working Planes
Solid Modeling
Importing Solid Models from IGES Files
Generating the Mesh
Revising Your Model
Direct Generation
Piping Models
Coupling and Constraint Equations
Combining and Archiving Models
Interfaces With Other Programs
Distributed ANSYS Guide
Structural Analysis Guide
Overview of Structural Analyses
Structural Static Analysis
ANSYS
Release 11.0 Documentation for ANSYS
Table of Contents
1. Understanding Model Generation
1.1. What Is Model Generation?
1.2. Typical Steps Involved in Model Generation Within ANSYS
1.2.1. Comparing Solid Modeling and Direct Generation
1.3. Importing Solid Models Created in CAD systems
2. Planning Your Approach
2.1. Choosing a Model Type (2-D, 3-D, etc.)
2.2. Choosing Between Linear and Higher Order Elements
2.2.1. Linear Elements (No Midside Nodes)
2.2.2. Quadratic Elements (Midside Nodes)
2.3. Limitations on Joining Different Elements
2.4. Finding Ways to Take Advantage of Symmetry
2.4.1. Some Comments on Axisymmetric Structures
2.5. Determining How Much Detail to Include
2.6. Determining the Appropriate Mesh Density
3. Coordinate Systems
3.1. Global and Local Coordinate Systems
3.1.1. Global Coordinate Systems
3.1.2. Local Coordinate Systems
3.1.3. The Active Coordinate System
3.1.4. Surfaces
3.1.5. Closed Surfaces and Surface Singularities
3.2. Display Coordinate System
3.3. Nodal Coordinate Systems
3.3.1. Data Interpreted in the Nodal Coordinate System
3.4. Element Coordinate Systems
3.5. The Results Coordinate System
4. Using Working Planes
4.1. Creating a Working Plane
4.1.1. Defining a New Working Plane
4.1.2. Controlling the Display and Style of the Working Plane

الشكل (1.19)


Release 11.0 Documentation for ANSYS
Hide
Back
Print
Options
Contents
Index
Search
Favorites
Topics:
Remove
Display
Current topic:
Modeling and Meshing Guide
Add
ANSYS
Release 11.0 Documentation for ANSYS
Table of Contents
1. Understanding Model Generation
1.1. What Is Model Generation?
1.2. Typical Steps Involved in Model Generation Within ANSYS
1.2.1. Comparing Solid Modeling and Direct Generation
1.3. Importing Solid Models Created in CAD systems
2. Planning Your Approach
2.1. Choosing a Model Type (2-D, 3-D, etc.)
2.2. Choosing Between Linear and Higher Order Elements
2.2.1. Linear Elements (No Midside Nodes)
2.2.2. Quadratic Elements (Midside Nodes)
2.3. Limitations on Joining Different Elements
2.4. Finding Ways to Take Advantage of Symmetry
2.4.1. Some Comments on Axisymmetric Structures
2.5. Determining How Much Detail to Include
2.6. Determining the Appropriate Mesh Density
3. Coordinate Systems
3.1. Global and Local Coordinate Systems
3.1.1. Global Coordinate Systems
3.1.2. Local Coordinate Systems
3.1.3. The Active Coordinate System
3.1.4. Surfaces
3.1.5. Closed Surfaces and Surface Singularities
3.2. Display Coordinate System
3.3. Nodal Coordinate Systems
3.3.1. Data Interpreted in the Nodal Coordinate System
3.4. Element Coordinate Systems
3.5. The Results Coordinate System
4. Using Working Planes
4.1. Creating a Working Plane
4.1.1. Defining a New Working Plane
4.1.2. Controlling the Display and Style of the Working Plane

الشكل (1.20)


Release 11.0 Documentation for ANSYS
Hide
Back
Print
Options
Contents
Index
Search
Favorites
Topics:
Modeling and Meshing Guide
Remove
Display
Current topic:
Modeling and Meshing Guide
Add
ANSYS
Release 11.0 Documentation for ANSYS
Table of Contents
1. Understanding Model Generation
1.1. What Is Model Generation?
1.2. Typical Steps Involved in Model Generation Within ANSYS
1.2.1. Comparing Solid Modeling and Direct Generation
1.3. Importing Solid Models Created in CAD systems
2. Planning Your Approach
2.1. Choosing a Model Type (2-D, 3-D, etc.)
2.2. Choosing Between Linear and Higher Order Elements
2.2.1. Linear Elements (No Midside Nodes)
2.2.2. Quadratic Elements (Midside Nodes)
2.3. Limitations on Joining Different Elements
2.4. Finding Ways to Take Advantage of Symmetry
2.4.1. Some Comments on Axisymmetric Structures
2.5. Determining How Much Detail to Include
2.6. Determining the Appropriate Mesh Density
3. Coordinate Systems
3.1. Global and Local Coordinate Systems
3.1.1. Global Coordinate Systems
3.1.2. Local Coordinate Systems
3.1.3. The Active Coordinate System
3.1.4. Surfaces
3.1.5. Closed Surfaces and Surface Singularities
3.2. Display Coordinate System
3.3. Nodal Coordinate Systems
3.3.1. Data Interpreted in the Nodal Coordinate System
3.4. Element Coordinate Systems
3.5. The Results Coordinate System
4. Using Working Planes
4.1. Creating a Working Plane
4.1.1. Defining a New Working Plane
4.1.2. Controlling the Display and Style of the Working Plane

الشكل (1.21)

1.7.5 دليل المراجعة Verification Manual

على الرغم من أن جميع الكتب (المجلدات Folders) الدليلية Ansys Manuals الموجودة ضمن تبويب المحتويات Contents Tab تعتبر مصادر مهمة للحصول على المعلومة المطلوبة إلا أن الكتاب (المجلد) المرجعي الذي يستوجب الإنتباه هودليل المراجعة Verification Manual. حيث أن الهدف الأساسي من هذا الدليل هوبيان إمكانيات برنامج Ansys في حل المسائل الهندسية الأساسية مع الحلول التحليلية Analytical Solutions. والميزة المهمة الأخرى التي تميز هذا الدليل تتضمن ملائمته كأداة تعلّم فعّالة. أضف الى ذلك, أن هناك ملف إدخال Input File في كل مسألة تطبيقية. وكما ذكرنا سابقاً , أن ملفات الإدخال هي عبارة عن أوامر برنامج Ansys. إن كل أمر من هذه الأوامر يناظر الخطوة المعينة التي تتبع بإستخدام النمط التفاعلي Interactive Mode. وبعد تحديد المسألة التطبيقية في دليل المراجعة فإنه بإمكان المستخدم دراسة ملف الإدخال وتعلّم الخطوات الأساسية المتبعة في حل تلك المسألة بإستخدام برنامج Ansys ومن ثم تنفيذها بإستخدام النمط التفاعلي. وجدير بالذكر أن دليل المراجعة يعتبر أداة جيدة لتعلّم إستخدام برنامج Ansys بإستخدام النمط الدفعي (نمط إستخدام الأوامر) Batch Mode.

الفصل الثاني

المعالجة السابقة

بواسطة برنامج ANSYS

PREPROCESSING ANSYS

2.1 أساسيات النمذجة Fundamentals of Modeling

إن المفاهيم الأساسية ومستويات البدء والمعالجة Begin and Processor Levels لبرنامج Ansys قد تم التطرق إليها في الفصل الأول. وفي مستوى المعالجة يمكننا الحصول على جميع مواصفات الشكل الهندسي Geometric Specifications وخواص المادة Material Properties بالإضافة الى توليد النماذج الصلبة Solid Model Generation ونماذج العناصر المحددة Finite Element Models. **وبصورة عامة, هناك طريقتين لإنشاء نموذج العنصر المحدد تتضمن:**

1. النمذجة الصلبة Solid Modeling.
2. التوليد المباشر Direct Generation.

النمذجة الصلبة Solid Modeling

في هذه الطريقة يتم عادة إستخدام البيانات الإبتدائية Primitives (الأشكال الهندسية المعرّفة مسبقاً Predefined Geometric Shapes) والعمليات المشابهة لتلك العمليات التي تتم بإستخدام أدوات التصميم بمساعدة الحاسوب Computer-Aided Design (CAD) Tools حيث يتم توليد العقد Nodes والعناصر Elements إعتماداً على المواصفات التي يتم إدخالها من قبل المستخدم أي User-Specifications. إن النمذجة الصلبة تعتبر الطريقة الشائعة نظراً لإمكانياتها المتقدمة كما أنها تتميز بتعدّد الوظائف والإستخدامات. ولكي يتم إستخدام هذه الطريقة, فإنه

يجب أن يكون لدى المستخدم معلومات كافية حول المفاهيم الأساسية للتشبيك Meshing لغرض الإستفادة من هذه الطريقة بشكل ناجح وفعّال.

التوليد المباشر Direct Generation

حيث تعتمد بشكل تام على إدخال البيانات من قبل المستخدم User- Input بالنسبة لحجم Size , وشكل Shape , وترابطية Connectivity كل عنصر Element وإحداثيات كل عقدة Node قبل إنشاء العقد والعناصر. إن هذه الطريقة تتطلب من المستخدم أن يقوم بتتبع ترقيم العقد والعناصر Node & Element Numbering التي يمكن أن تصبح مملة في بعض الأحيان وبشكل خاص في المسائل المعقدة Complex Problems التي تتطلب إستخدام آلآف العقد. وعلى الرغم من ذلك, فإن هذه الطريقة تعتبر إسلوب فعّال في المسال البسيطة Simple Problems كما أنها تبدي سيطرة تامة في توليد النموذج. ويمكن إستخدام كلا الطريقتين في نفس الوقت حيث يكون ذات جدوى في العديد من الحالات.

مزايا النمذجة الصلبة Solid Modeling Advantages

تتميز النمذجة الصلبة بالعديد من المزايا أهمها:

1. إمكانية متقدمة في نمذجة (بعض الأحيان تعتبر الطريقة الوحيدة) الحجوم الصلبة الثلاثية الأبعاد ذات الأشكال الهندسية المعقدة.
2. إدخال البيانات من قبل المستخدم منخفض جداً.

3. إستخدام عمليات التصميم بمساعدة الحاسوب Computer-Aided Design (CAD) الشائعة مثل السحب Dragging , والتدوير Rotation والتي تكون غير ممكنة عند التعامل بشكل مباشر مع العقد والعناصر.

4. بالنسبة للمساحات والحجوم الأساسية (المساحات المستطيلة , الدائرية..., الحجوم المكعبة, الإسطوانية, الكروية...الخ) فإن العمليات المنطقية Booleans Operations (الإضافة Add , الطرح Subtract , التداخل Overlap) يمكن إستخدامها بسهولة في تعديل هذه المساحات أوالحجوم الأساسية للحصول على الشكل المرغوب.

مآخذ النمذجة الصلبة Solid Modeling Disadvantages

1. عندما لايكون لدى المستخدم معرفة جيدة بعملية التشبيك Meshing , فإن برنامج Ansys ربما لايكون قادراً على توليد شبكة العناصر المحددة.

2. بالنسبة للمسائل البسيطة Simple Problems فإن إستخدام النمذجة الصلبة ربما يكون مملاً.

مزايا التوليد المباشر Direct Generation Advantages

1. تزويد المستخدم بسيطرة تامة على توزيع وتعداد العقد والعناصر.

2. بالنسبة للمسائل البسيطة فإن التوليد المباشر يعتبر أقصر الطرق لتوليد شبكة العناصر المحددة Finite Element Mesh.

مآخذ التوليد المباشر Direct Generation Disadvantages

إن إستخدام طريقة التوليد المباشر يكون مملاً في حالة حل تطبيقات التصميم الهندسي وبشكل خاص تلك المسائل التي لايمكن تبسيطها بشكل ثنائي الأبعاد.

2.2 عمليات النمذجة الصلبة Modeling Operations

يمكن توليد نموذج العناصر المحددة Finite Elements Model بإستخدام المعالج السابق لبرنامج Ansys Preprocessor Ansys بواسطة مجموعة من العمليات المختلفة **تتضمن**:

1. العنوان Title.
2. العناصر Elements.
3. الثوابت الحقيقية Real Constants.
4. خواص المادة Material Properties.
5. الصفات المميزة للعنصر Element Attributes.
6. التفاعل مع نافذة الرسومات:إنتقاء الكائنات Interaction with Graphics Window: Picking Entities.
7. أنظمة الإحداثيات Coordinates Systems.
8. مستوى العمل Working Plane.

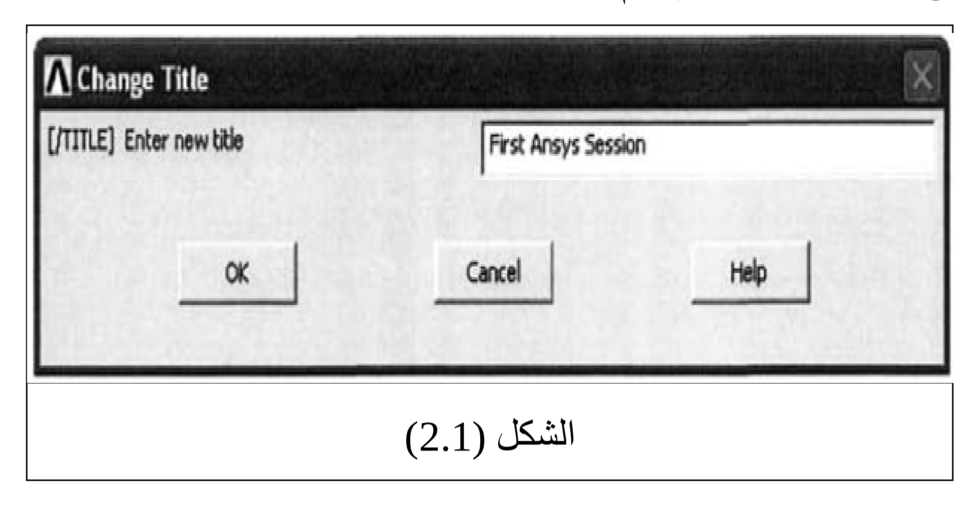
2.2.1 العنوان Title

إن هذه العملية تحدّد عنوان التحليل الذي يتم بإستخدام برنامج Ansys. وهي عملية خيارية إلا أنها خطوة مفضلة في جلسة Ansys النموذجية. وهي تساعد المستخدم على تتبع المسائل بواسطة إظهار العنوان في شاشة الرسومات والمخرجات. وتصبح مهمة جداً عندما يتعامل

المستخدم مع تطبيق يتطلب إستخدام نفس النموذج مع وجود إختلاف في الشروط الحدودية Boundary Conditions , خواص المادة Material Properties...الخ. إن مسار القائمة التالي يستخدم لتغيير أوتحديد العنوان:

Utility>File>Change Title

وهذا المسار يؤدي بدوره الى ظهور صندوق حوار كما مبين في الشكل (2.1). وبعد إدخال العنوان المناسب في صندوق النص Text-Box ننقر على الزر موافق Ok لإتمام عملية تحديد العنوان.



الشكل (2.1)

2.2.1 العناصر Elements

تمثل العقد والعناصر الأجزاء الأساسية في نموذج العناصر المحددة. وقبل البدء بعملية التشبيك Meshing , فإن نوع/أنواع العنصر Element(s) المراد إستخدامه يجب أن يعرّف (وإلا فإن عملية التشبيك لاتتم من قبل برنامج Ansys). إن برنامج Ansys يحوي على أكثر من (100) نوع مختلف من العناصرفي مكتبة

العناصر Element Library. وكل نوع من العنصر له عدد مميز Unique Number وبادئة Prefix تحدّد صنف العنصر مثل **BEAM3, PLANE4, SOLID45**...الخ. إن العناصر الموجودة في برنامج Ansys يمكن أن تصنّف بالإعتماد على العديد من المعايير مثل عدد الأبعاد Dimensionality , فرع التحليل Analysis Discipline , سلوك المادة Material Behavior. إن برنامج Ansys يصنّف العناصر الى (21) مجموعة مختلفة. **وفي هذا المقطع سيتم التطرق الى العناصر الموجودة في أربع مجاميع من هذه المجاميع وتحديداً:**

1. المجموعة الإنشائية (التركيبية) Structural Group.
2. المجموعة الحرارية Thermal Group .
3. مجموعة الموائع Fluid Group.
4. مجموعة FLOTRAN CFD.

المجموعة الإنشائية (التركيبية) Structural Group

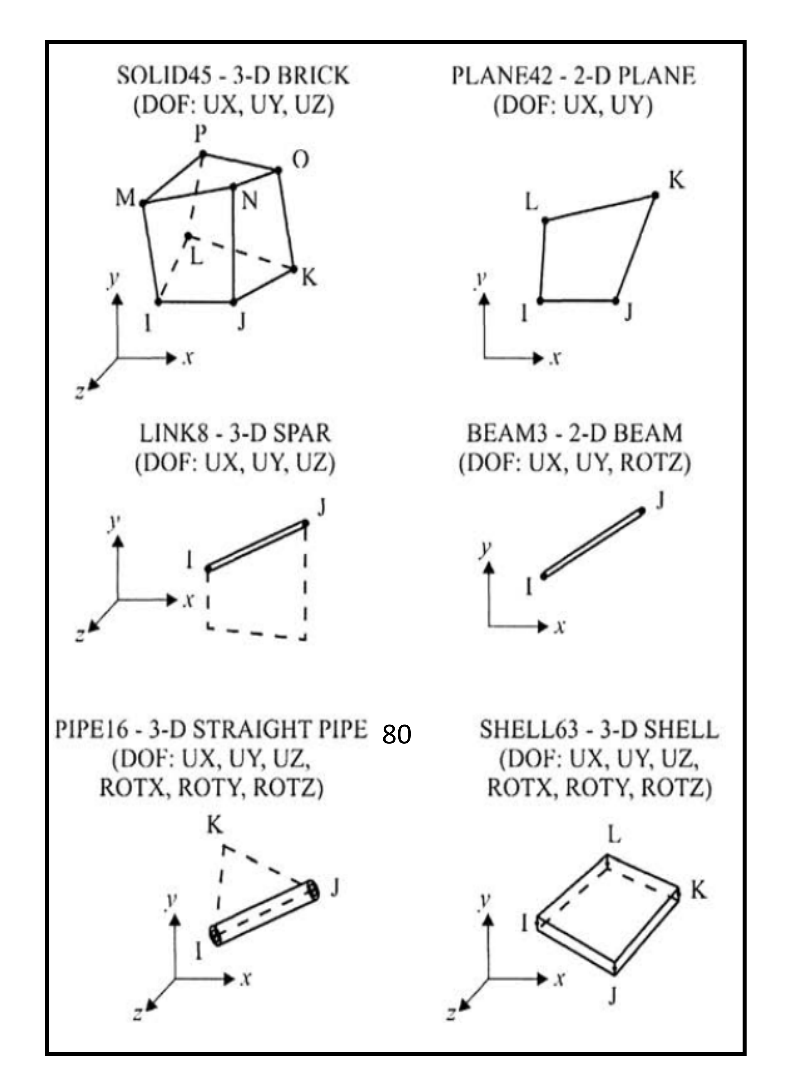
بالنسبة لهذه المجموعة تمثل الإزاحات Displacements درجات الحرية Degree of Freedom (DOF) عند العقد Nodes. وكما مبين في الشكل (2.2) فإن التحليل الإنشائي (التركيبي) يتم فيه إستخدام عناصر المستوي Plane , الوصلة Link , العتبة Beam , الأنبوب Pipe , الصلب Solid , الطبقة الرقيقة Shell. إن جميع المجاميع الفرعية أعلاه من العناصر تتضمن عدة أنواع من العناصر لها مجاميع مختلفة من درجات الحرية (DOF). على سبيل المثال, الأصناف:

-Quad 4node 42

-Quad 8node 82

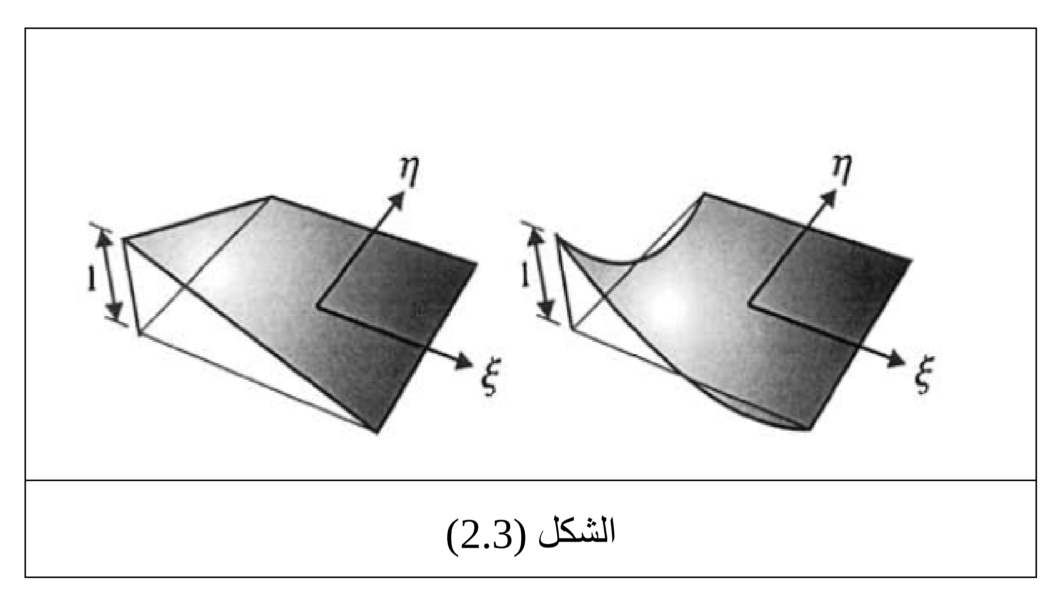
-Brick 8node 45

تقع ضمن المجموعة الفرعية للعناصر التي تسمى الصلب الإنشائي (التركيبي) Structural Solid. حيث أن أول نوعين من العناصر والتي تتضمن Quad42 , و Quad82 تستخدم في المسائل الإنشائية (التركيبية) الثنائية الأبعاد 2D-Structural Problems (إجهاد المستوي Plane Stress , إنفعال المستوي Plane Strain , التناظر المحوري Axisymmetric) بينما يستخدم النوع الثالث في المسائل الإنشائية الثلاثية الأبعاد 3D-Structural Problems.



الشكل (2.2)

إن الفرق الأساسي مابين عناصر Quad42 و Quad82 يكمن في إختلاف عدد العقد Nodes لكل عنصر Element وهذا يعني إستخدام دوال إستكمال Interpolation Functions مختلفة وذلك لتغيير درجة الحرية على طول حافات العنصر. وعليه, فإن تغير الإزاحات على طول حافات العنصر يكون خطياً Linear (من الدرجة الأولى) في حالة Quad42 , وتربيعياً Quadratic (من الدرجة الثانية) في حالة Quad82 كما مبين في الشكل (2.3). أما دوال الإستكمال بالنسبة للعنصر Bick 8node 45 فإنها تكون خطية.



الشكل (2.3)

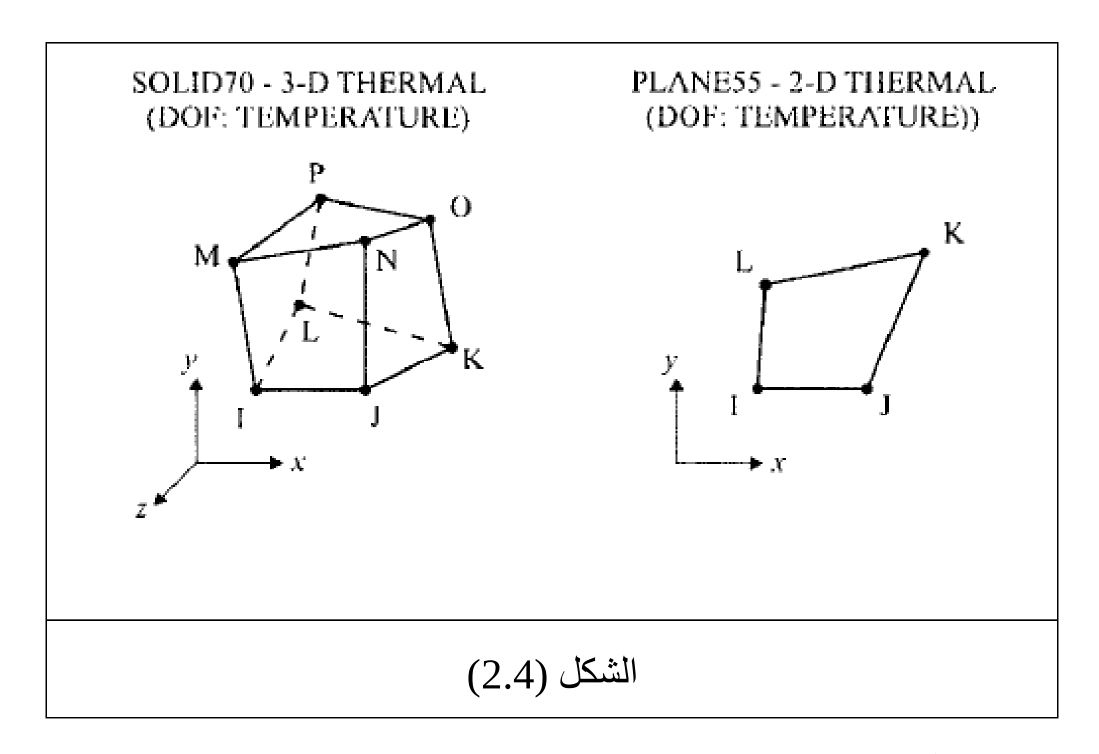
المجموعة الحرارية Thermal Group

في هذه المجموعة من العناصر, تمثل درجات الحرارة Temperatures , درجات الحرية عند العقد. وفي التحليل الحراري, يتم عادة إستخدام المجاميع الفرعية للعناصر والتي تتضمن: الكتلة Mass , الوصلة Link , الصلب Solid , والطبقة الرقيقة Shell. إن أنواع العناصر في هذه المجموعة تختلف إحداهما عن الأخرى مع تشابه الإعتبارات التي تم التطرق إليها في الفرع الإنشائي. إن العنصرين الحراريان اللتان تستخدمان بشكل شائع هما:

-Solid70-3-D Thermal.

-Plane55-2-D Thermal

كما مبين في الشكل(2.4).



الشكل (2.4)

مجموعة المائع Fluid Group

بالنسبة لهذه المجموعة من العناصر, تكون درجات الحرية بشكل زوج إعتماداً على النوع , على سبيل المثال, سرعة-ضغط Velocity-Pressure أوضغط-درجة حرارة Pressure-Temperature عند العقد. أما العناصر الموجودة في هذه المجموعة فإنها تتضمن: العناصر الصوتية الثنائية والثلاثية الأبعاد 2&3-D Acoustic Elements , الأنابيب المتقارنة (حراري-مائع) Thermal-Fluid Coupled Pipe , أنواع العناصر الحاوية على المائع Elements Contained-Fluid.

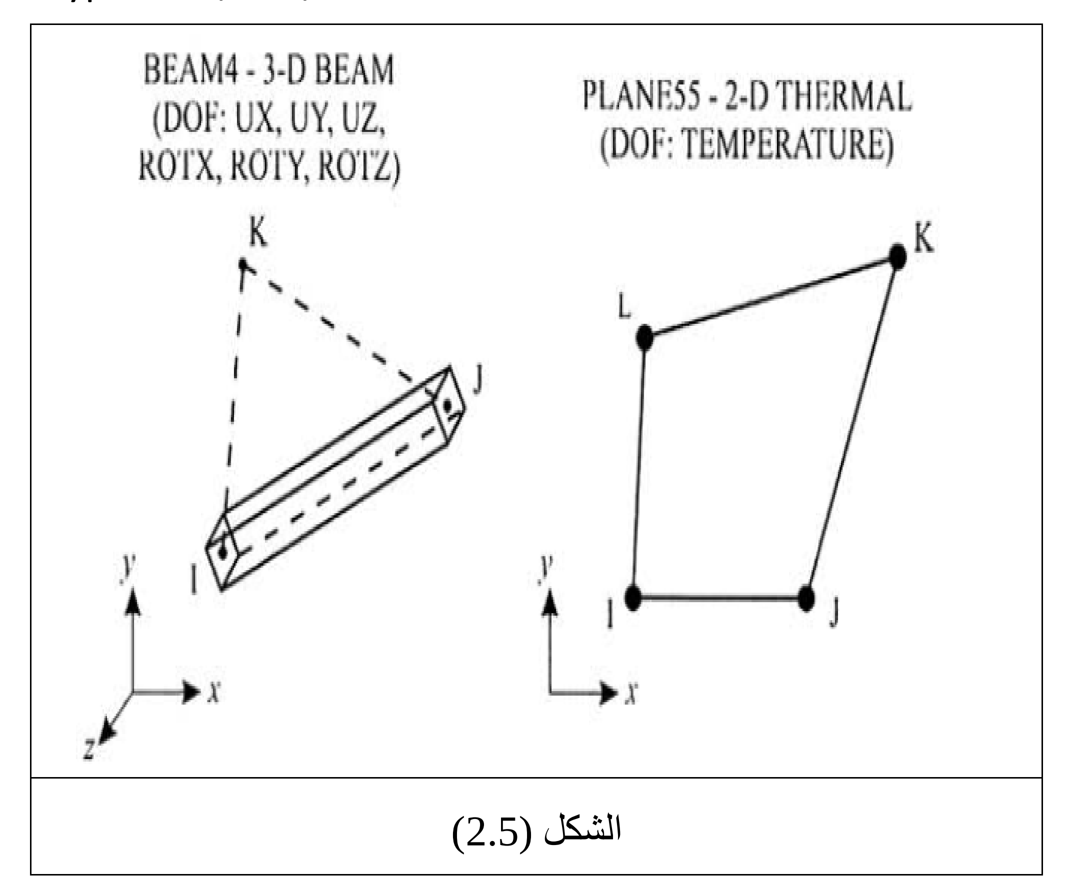
مجموعة FLOTRAN CFD

إن هذه المجموعة من العناصر هي مشابهة للمجموعة السابقة إلا أن الطريقة المستخدمة هنا طريقة الفروق المحددة Finite Difference Method.

إن كل فرع من فروع التحليل يتطلب إستخدام أنواع العنصر الخاصة به لأن نوع العنصر يحدد مجموعة درجة الحرية (الإزاحات Displacements , درجات الحرارة Temperatures , الضغوط Pressures...الخ) وعدد الأبعاد للمسألة (2-D or 3-D). على سبيل المثال, العنصر **BEAM4** Element المبين في الشكل (2.5) عدد درجات الحرية الإنشائية (التركيبية) فيه هوستة (الإزاحات Displacements والدوران Rotation ضمن وحول الإتجاهات X,Y,Z) عند كل عقدتين وهوعنصر خطي Line-Element ويمكن نمذجته في الفراغ الثلاثي الإبعاد 3-D Space. أما العنصر **PLANE55** Element المبين في الشكل (2.5) فإن درجات الحرية الكلي فيه هوأربعة (درجة الحرارة عند كل عقدة) وعنصر رباعي الأضلاع ومكون من أربعة عقد 4-Noded Quadrilateral Element ويمكن إستخدامه في حالة المسائل الثنائية الأبعاد 2-D Problems. ولغرض تحديد نوع العنصر Element-Type من قبل المستخدم فإنه يجب أن يكون في مرحلة المعالج السابق Preprocessor والمسار المستخدم لذلك هو:

Main Menu>Preprocessor>Element

Type>Add/Edit/Delete

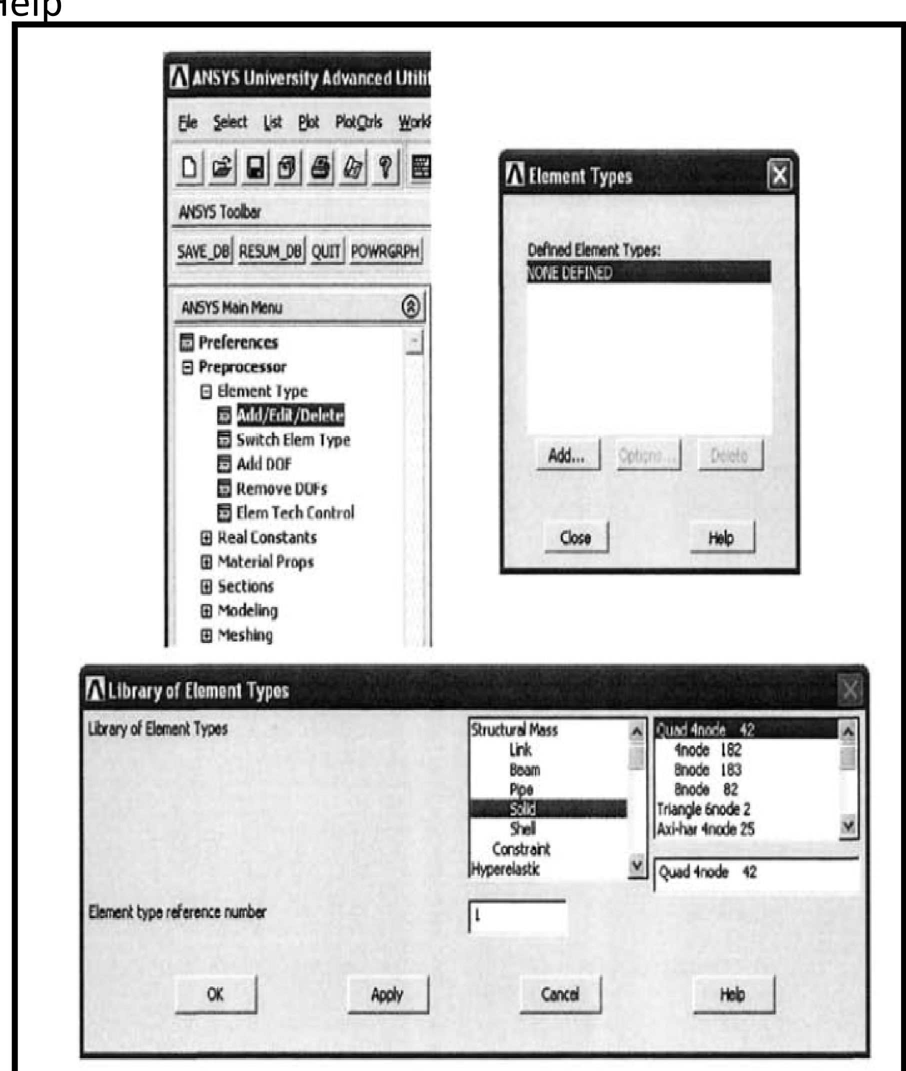


الشكل (2.5)

وبعد إتباع المسار أعلاه, يظهر صندوق الحوار المبين في الشكل (2.6)
والذي يتميز بوجود الأزرار التالية:

-Add
-Options
-Delete
-Close

-Help



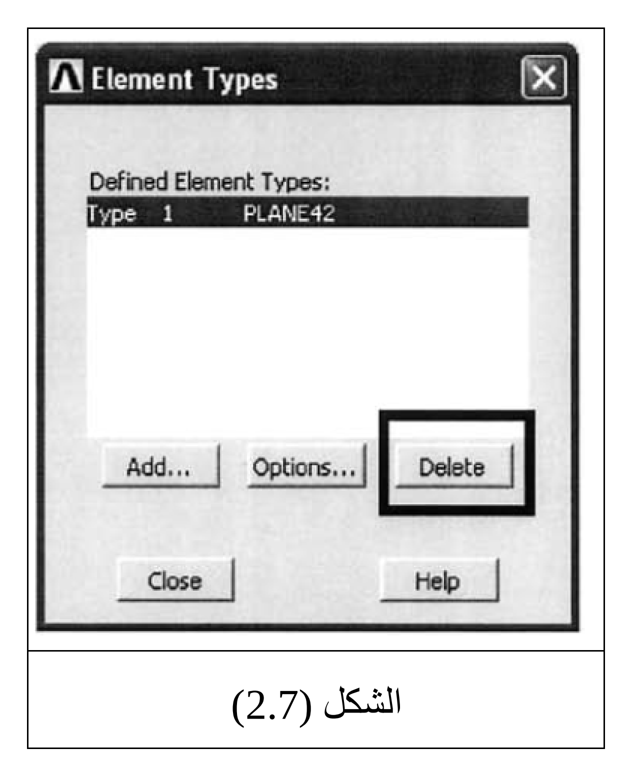
الشكل (2-5)

إن إختيار التبويب Add يؤدي الى ظهور صندوق حوار آخر يتميز بوجود قائمة تتضمن جميع العناصر المتوفرة كما أنه يتميز بوجود الرقم

الدليلي لنوع العنصر Element Type Reference Number. إن أنواع العناصر التي تحدد في التحليل المعين تميز عادة بأرقام دليلية خاصة بها ويتم عادة إستخدام هذا الرقم الدليلي أيضاً عند إنشاء التشبيك Mesh. وعند ما يتطلب التحليل إستخدام أكثر من نوع من العناصر فإن الإنتقال من نوع الى آخر يتم من خلال الرجوع الى الأرقام الدليلية التي تميز كل نوع من العنصر (وسيتم التطرق الى ذلك لاحقاً عند مناقشة الصفات المميزة للعنصرElement Attributes) وعندما يرغب المستخدم في حذف نوع العنصر الموجود فيمكنه تحقيق ذلك بإستخدام نفس مسار واجهة المستخدم الرسومية السابقة والنقر على الزر حذف Delete كما مبين في الشكل (2.7) ويكون المسار كالآتي:

Main Menu>Preprocessor>Element

Type>Add/Edit/Delete



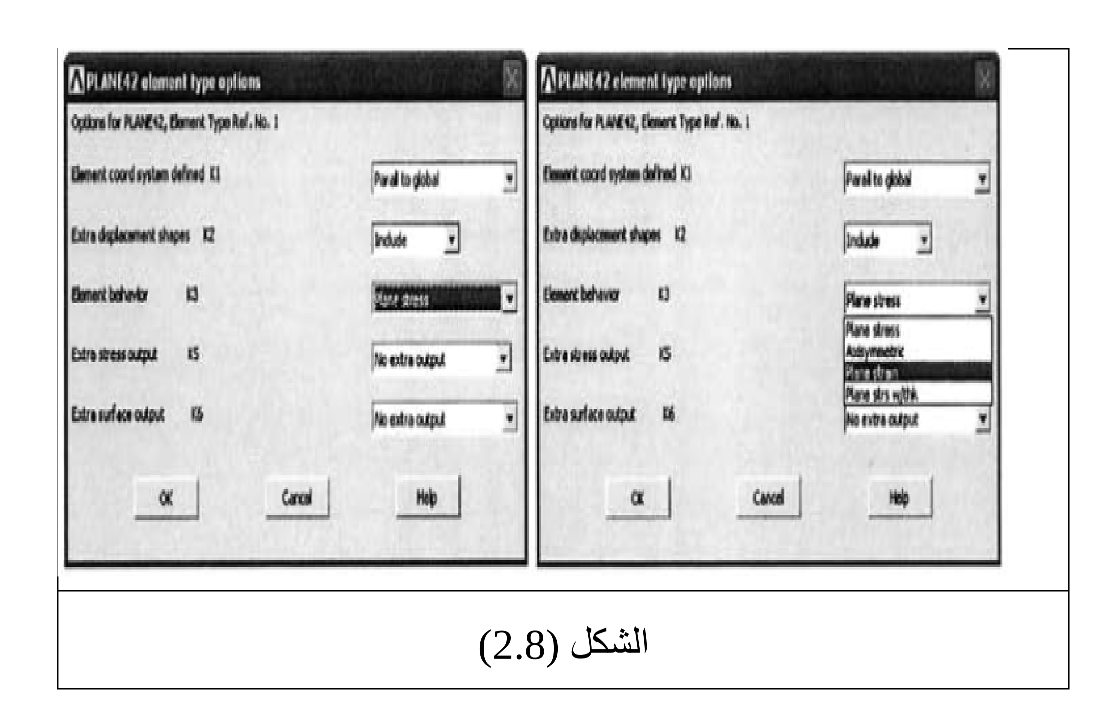
الشكل (2.7)

وجدير بالذكر, بأن العديد من العناصر تتميز بوجود خيارات إضافية تعرّف بخيارات النقاط الأساسية Keyoptions (**KEYOPT**) ويشار إليها كالآتي:

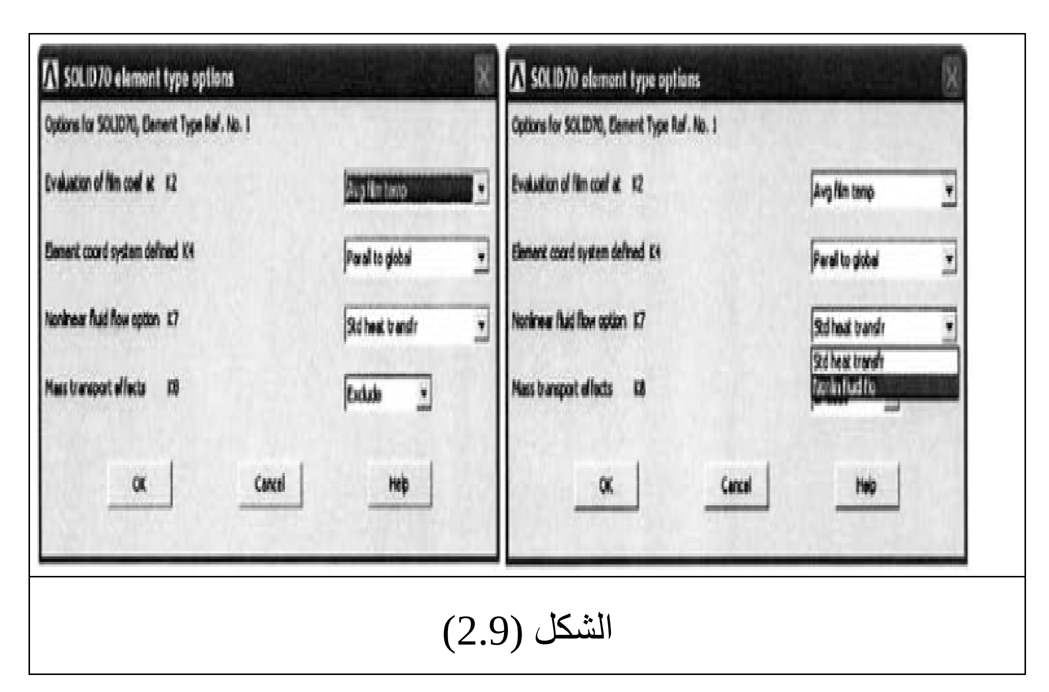
KEYOPT(1), KEYOPT(2)...etc.

على سبيل المثال, الخيار KEYOPT(3) بالنسبة للنوع SOLID42 (أي العنصر الإنشائي الرباعي الأضلاع والثنائي الأبعاد المكون من أربعة عقد 4-Noded Quadrilateral 2-D Structural Element) يتيح للمستخدم تحديد نوع العنصر بالنسبة للأمثلية الثنائية الأبعاد 2-D Idealization أي إجهاد المستوي Plane-Stress , إنفعال المستوي

Plane-Strain , التناظر المحوري Axisymmetric أوإجهاد المستوي مع السمك Plane Stress with Thickness كما مبين في الشكل (2.8). وكمثال آخر, كما مبين في الشكل (2.9) الذي يتم فيه إستخدام الخيار KEYOPT(7) بالنسبة للنوع SOLID70 (أي العنصر الصلب الحراري المكون من أربعة عقد بالنسبة للمسائل الثلاثية الأبعاد 8-Noded Thermal Solid Element for 3-D Problems) يسمح بالحصول على مواصفة إنتقال الحرارة القياسي Standard Heat Transfer أوإنسياب المائع اللاخطي (الحالة المستقرة) Non-linear Steady-State Fluid Flow من خلال الوسط المسامي Porous Medium. إن النقاط الأساسية Keypoints تحدّد بإستخدام نفس مسار واجهة المستخدم الرسومية GUI-Path مع إختيار الزر خيارات Options من صندوق حوار أنواع العناصر Element-Types Dialog Box.



الشكل (2.8)



الشكل (2.9)

2.2.3 الثوابت الحقيقية Real Constants

إن حساب مصفوفات العنصر Elements Matrices يتطلب توفر خواص المادة Materials Properties , الإحداثيات العقدية Nodal Coordinates ومعاملات الشكل الهندسي Geometrical Parameters. إن أي بيانات مطلوبة في حساب مصفوفة العنصر والتي لايمكن أن تحدد من الإحداثيات العقدية أوخواص المادة تسمى الثوابت الحقيقية Real Constant في برنامج Ansys. بصورة عامة, الثوابت الحقيقية في برنامج Ansys تتضمن مايلي:

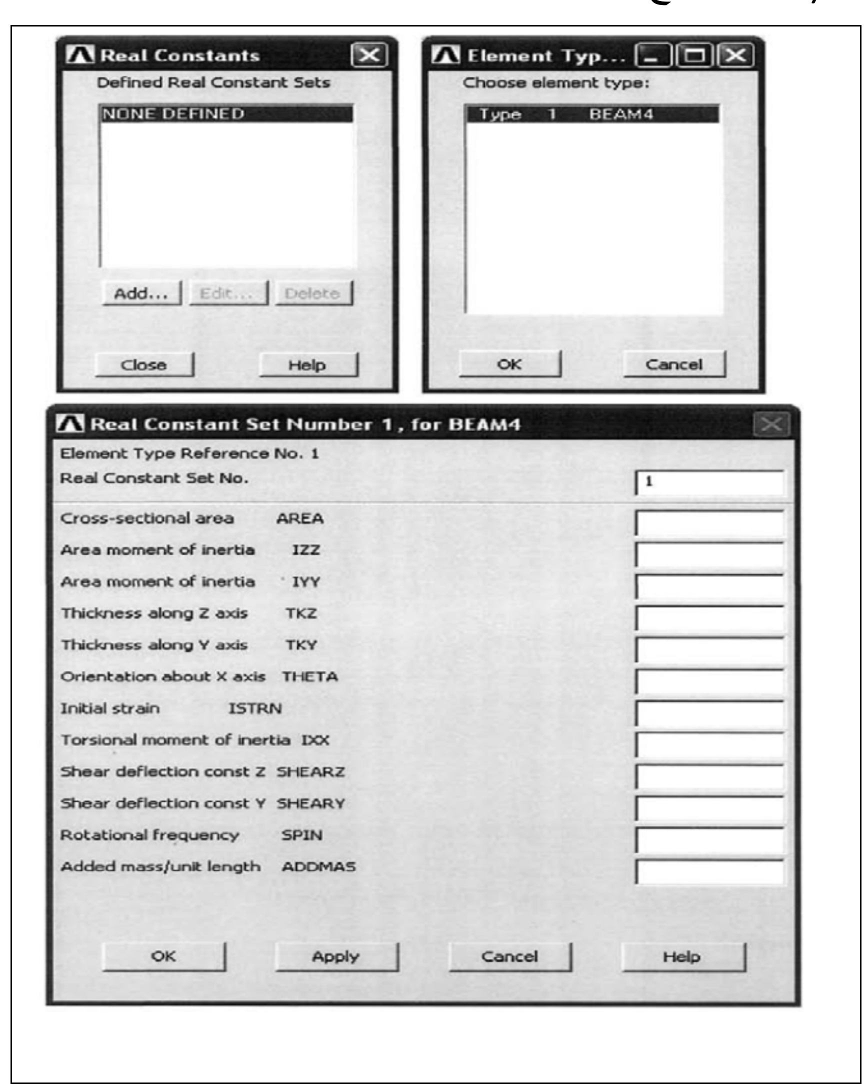
1. المساحة Area.
2. السمك Thickness.
3. القطر الداخلي Inner Diameter.
4. القطر الخارجي Outer Diameter.

وليس جميع أنواع العناصر Elements تتطلب إستخدام الثوابت الحقيقية. إن الثوابت الحقيقية موضحة بشكل موجز في دليل العنصر Element Reference ضمن نظام المساعدة في برنامج Ansys. وعند عدم تحديد الثوابت الحقيقية فإن برنامج Ansys يقوم عادة بإصدار رسائل تحذيرية. وكمثال جيد لوصف الثوابت الحقيقية نأخذ عنصر العتبة الثلاثي الأبعاد 3-D Beam Element (Element-Type **BEAM4**) وكمامبين في الشكل (2.10) **فإن الثوابت الحقيقية لهذا العنصر تتكون من:**

1. مساحة المقطع العرضي Cross-Sectional Area (***AREA***).

2. مساحة عزم القصور الذاتي Area of Moment of Inertia (***IZZ*** and ***IYY***).

3. السمك في الإتجاهات X,Y Thickness in Z and Y (***TKZ*** and ***TKY***).....الخ.



الشكل (2.10)

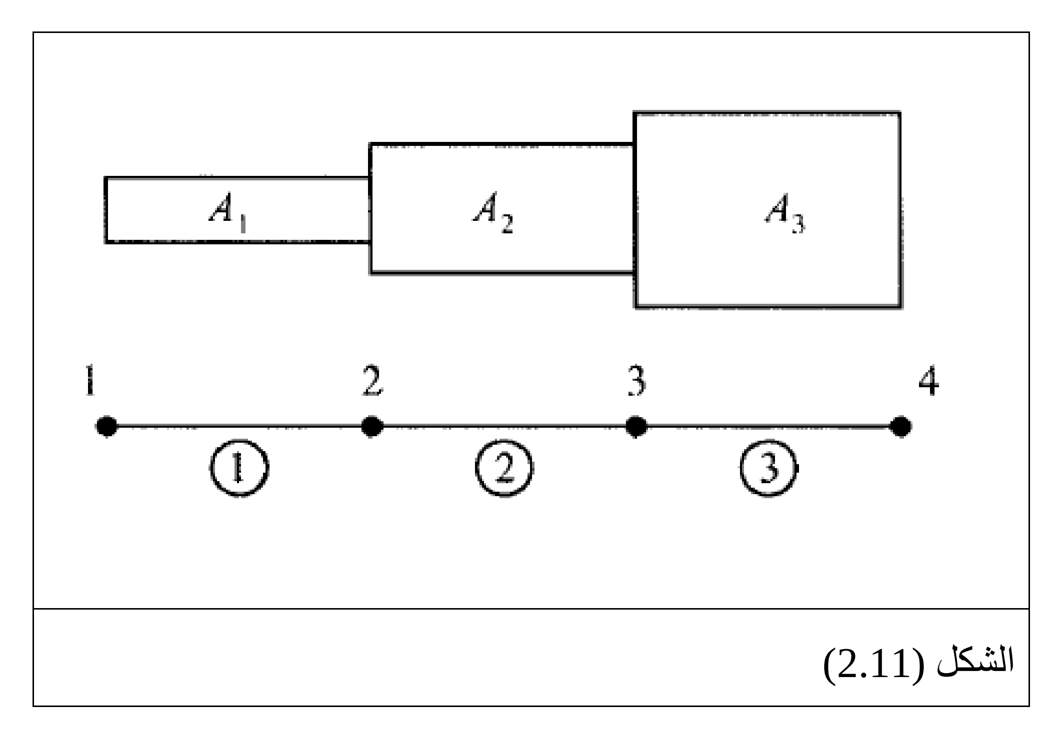
وفي بعض الحالات ربما لايتطلب إستخدام المجموعة الكاملة للثوابت الحقيقية. أضف الى ذلك, أن برنامج Ansys يقوم بإستخدام القيمة الإفتراضية للمعامل عند عدم تحديد الثوابت الحقيقية. ويفضل مراجعة دليل العنصر Element Reference لنوع العنصر المعين في نظام المساعدة للبرنامج. ولكل مجموعة من الثوابت الحقيقية, يتطلب برنامج Ansys إستخدام رقم دليلي Reference Number خاص بها. وعند عد تحديد الرقم الدليلي من قبل المستخدم فإن برنامج Ansys يقوم بشكل تلقائي (أوتوماتيكي) بتحديد هذا الرقم كما مبين في الشكل (2.10). ويمكن تحديد الثوابت الحقيقية بإستخدام مسار واجهة المستخدم الرسومية GUI-Path التالي:

Main Menu>Preprocessor>Real

Constants>Add/Edit/Delete

وهذا بدوره يؤدي الى ظهور صندوق حوار الثوابت الحقيقية Real Constants Dialog Box وعند النقر على الزر Add فإنه يؤدي الى ظهور صندوق حوار آخر يتميز بوجود قائمة تحوي على أنواع العناصر المعرّفة حالياً. إن إختيار نوع العنصر الذي تم تحديد الثوابت الحقيقية له (عند عدم وجود الثوابت الحقيقية المطلوبة لنوع العنصر الذي تم إختياره فإن ذلك يؤدي الى ظهور رسالة تحذيرية بشكل نافذة منبثقة Window Pop-Up)ومن ثم الضغط على الزر موافق OK يؤدي بدوره الى ظهور

صندوق حوار جديد يتضمن مجموعة الثوابت الحقيقية لنوع العنصر المحدد وبعد ملأ صناديق الحوار ومن ثم الضغط على الزر موافق OK يؤدي ذلك الى إتمام العملية. أما بالنسبة للنماذج التي تتميز بوجود أنواع متعددة من العناصر فإن مجموعة الثوابت الحقيقية المميزة (التي لها رقم دليلي مختلف) تحدّد لكل نوع من العنصر. ويقوم برنامج Ansys بإصدار الرسائل التحذيرية في حالة الإشارة الى أنواع العنصر المتعددة بنفس مجموعة الثوابت الحقيقية. وهناك حالات تتطلب إستخدام عدة مجاميع من الثوابت الحقيقية لنفس نوع العنصر المحدد. ويمكن توضيح ذلك من خلال العتبة Beam المكون من ثلاث مقاطع مختلفة كما مبين في الشكل (2.11) فعلى الرغم من أن خواص المادة هي نفسها في جميع المقاطع إلا أن كل مقطع له سمك مختلف وبالتالي هناك قيم مختلفة في عزم القصور الذاتي Moment of Inertia.



الشكل (2.11)

إن نمذجة هذه العتبة بإستخدام بإستخدام نوع عنصر العتبة **BEAM3** يتطلب إستخدام خواص المقطع العرضي كثوابت حقيقية. وعليه, هناك ثلاث خواص مختلفة للمقاطع العرضية. وهذا يتطلب تعريف مجموعة الثابت الحقيقي المختلفة لكل مقطع من هذه المقاطع الثلاثة. ويتم إختيار نفس نوع العنصر **(BEAM3)** Beam-Type في صندوق حوار الثوابت الحقيقية. ويتم إجراء عملية التشبيك Meshing للأجزاء المختلفة من العتبة في كل مرة يتم فيها توجيه برنامج Ansys الى إستخدامممجموعة الثابت الحقيقي المناظرة للجزء المحدد من العتبة. وسيتم التطرق الى ذلك أيضاً عند مناقشة الصفات المميزة للعنصر Element Attributes. وجدير بالذكر, أن مهمة تتبع الوحدات المستخدمة في التحليل تقع على

عاتق المستخدم , أي أن المستخدم يجب أن يقرر أي نظام من الوحدات سوف يتم إستخدامه ويجب أن تكون متجانسة في جميع مراحل التحليل (أي الأبعاد المدخلة , الثوابت الحقيقية, خواص المادة , الأحمال) أي أن برنامج Ansys سوف لايقوم بعملية تحويل الوحدات عندما لاتكون متجانسة. وكذلك فإن نتائج التحليل سوف تظهر بالإعتماد على الوحدات المدخلة.

2.2.4 خواص المادة Material Properties

لكل نوع من العنصر هناك عدد معين من خواص المادة المطلوبة. وهذا العدد يعتمد على نوع التحليل Analysis Type. وخواص المادة يمكن أن تكون:

1. خطية أولاخطية Linear or Non-linear.
2. متشابهة , متباينة , أومتباينة في إتجاهين عموديين مشتركين Isotropic, Anisotropic, or Orthotropic.
3. معتمدة أوغير معتمدة على درجة الحرارة Temperature Dependent or Independent.

إن جميع خواص المادة يمكن إدخالها بشكل دوال لدرجة الحرارة. وبعض هذه الخواص تسمى خواص خطية Linear Properties لأن الحلول النموذجية بإستخدام هذه الخواص يتطلب تكرار واحد فقط Single Iteration. وهذا يعني أن الخواص المستخدمة لاتكون معتمدة على الزمن ولا على درجة الحرارة وبالتالي تبقى ثابتة خلال مراحل التحليل. وفي

حالة وجود خواص المادة القابلة للتغيير فإن الصفات المميزة للسلوك اللاخطي Non-linear لهذه الخواص يجب أن تحدّد. على سبيل المثال, المادة التي تبدي اللدونة Plasticity , أواللدونة اللزجة Viscoplasticity...الخ تتطلب شروط علاقة الإجهاد-الإنفعال اللاخطية Non-linear Stress-Strain Relation. إن القائمة التامة التي تتضمن خواص المادة الخطية Linear Material Properties لفروع التحليل الإنشائية (التركيبية) , الحرارية, والموائع مبينة في الجدول (2.1) (حيث لم يتم تضمين الخواص المرتبطة بالتحليلات الكهربائية والمغناطيسية).

وكما هوالحال بالنسبة لأنواع العناصر والثوابت الحقيقية فإن لكل مجموعة من خاصية المادة Material Property Set لها رقم دليلي خاص بها. ويتطلب من المستخدم تحديد عدة مجاميع من خاصية المادة في حالة المسائل التي تتضمن إستخدام مواد مختلفة. إن برنامج Ansys يقوم عادة بتعريف كل مادة بواسطة رقمها الدليلي الخاص بها. ويفضل مراجعة نظام المساعدة Help System بالنسبة لمواصفة خواص المادة اللاخطية Non-linear Material Properties في حالة التعامل مع السلوك اللاخطي. إن مسار القائمة التالي يستخدم عادة لتحديد خواص المادة المتشابهة Isotropic أوالمتباينة في إتجاهين عموديين مشتركين Orthotropic :

Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models

وهذا المسار يؤدي بدوره الى الى ظهور صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة Define Material Model Behavior Dialog Box كما مبين في الشكل (2.12).

الجدول 2.1 خواص المادة لفروع التحليل الإنشائي والحراري والموائع

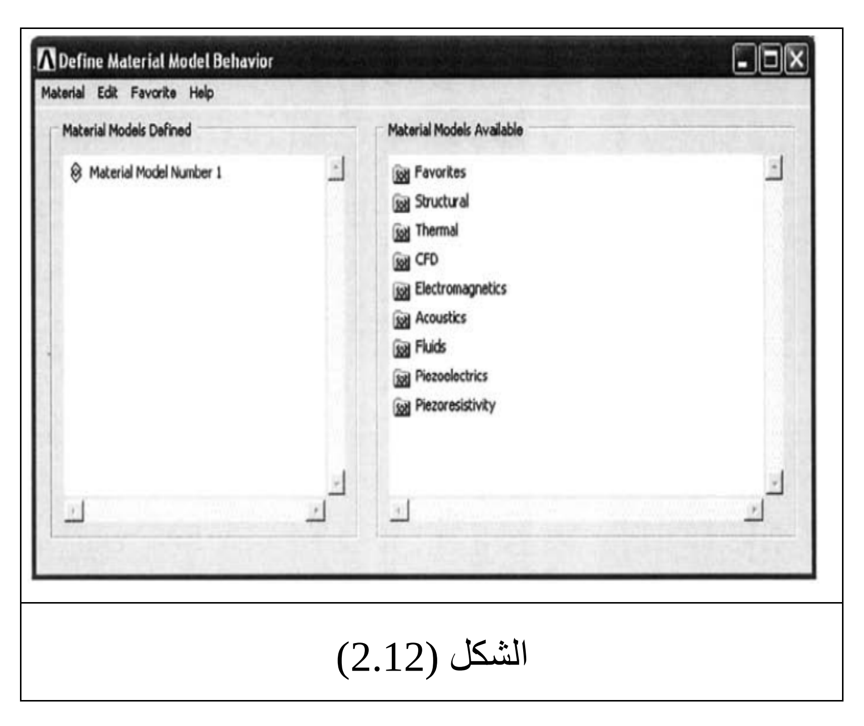
Material Properties for Structural , Thermal, Fluid Analysis Disciplines

Description الوصف	Units الوحدات	التسمية Label
Elastic Modulus, Element x-Direction	Force/Area	**EX**
Elastic Modulus, Element y-Direction		**EY**
Elastic Modulus, Element z-Direction		**EZ**
Coefficient of Thermal Expansion, Element x-Direction	Strain/Temp	**ALPX**
Coefficient of Thermal Expansion, Element y-		**ALPY**

Description الوصف	**Units الوحدات**	**التسمية Label**
Direction		
Coefficient of Thermal Expansion, Element z-Direction		**ALPZ**
Reference Temperature (As a Property)	TEMP	**REFT**
Major Poisson’s Ratio, x-y Plane	None	**PRXY**
Major Poisson’s Ratio, y-z Plane		**PRYZ**
Major Poisson’s Ratio, x-z Plane		**PRXZ**
Minor Poisson’s Ratio, x-y Plane		**NUXY**
Minor Poisson’s Ratio, y-z Plane		**NUYZ**
Minor Poisson’s Ratio, x-z		**NUXZ**

Description الوصف	**Units الوحدات**	**التسمية Label**
Plane		
Shear Modulus,x-y Plane	Force/Area	**GXY**
Shear Modulus,y-z Plane		**GYZ**
Shear Modulus,x-z Plane		**GXZ**
K Matrix Multiplier for Damping	Time	**DAMP**
Coefficient of Friction (or , for **FLUID29** and **FLUID30** element , Boundary Admittance)	None	**MU**
Mass Density	Mass/Vol	**DENS**
Specific Heat	Heat/Mass **x** Temp	**C**
Enthalpy	Heat/Vol	**ENTH**
Thermal Conductivity, Element x-Direction	Heat**x**Length/(Time**x**Area **x**Temp)	**KXX**
Thermal Conductivity, Element y-Direction		**KYY**

Description الوصف	Units الوحدات	التسمية Label
Thermal Conductivity, Element z-Direction		**KZZ**
Convection (or Film) Coefficient	Heat/(Time **x** Area **x** Temp)	**HF**
Emissivity	None	**EMIS**
Heat Generation Rate (**MASS71** Element Only)	Heat/Time	**QRATE**
Viscosity	Force **x** Time/Length^2	**VISC**
Sonic Velocity (**FLUID29** and **FLUID30** element Only)	Length/Time	**SONC**



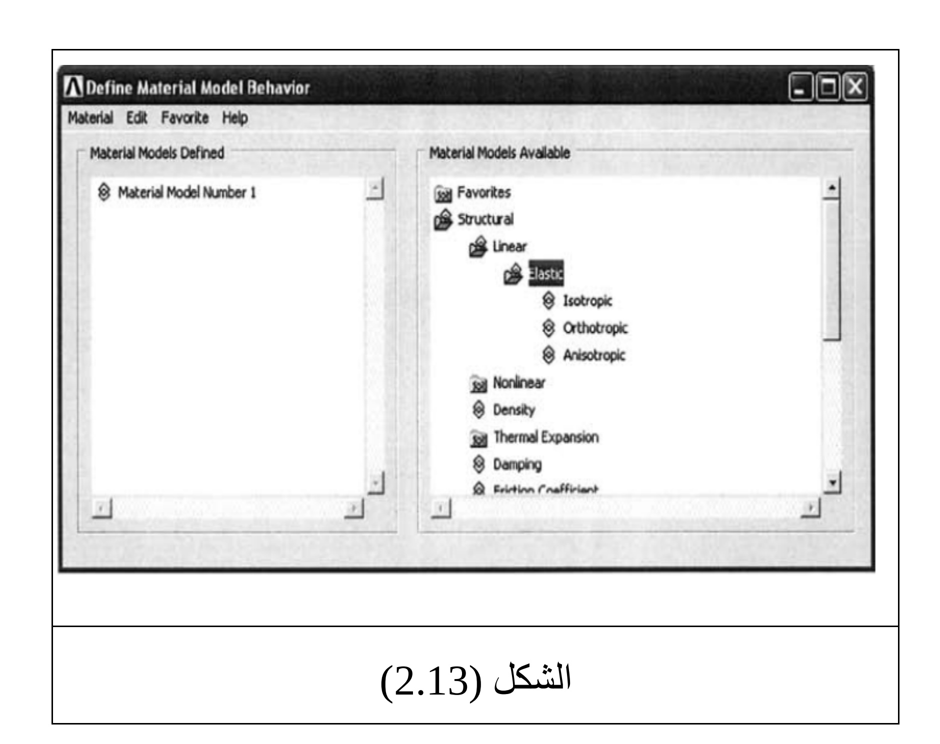
الشكل (2.12)

في الجانب الأيسر من هذه القائمة نلاحظ وجود قائمة بنماذج المادة Material Models بالإعتماد على أرقام المادة الدليلية. أما الجانب الأيمن من النافذة فإنه يتضمن نماذج المادة المتوفرة التي تكون مرتبة بالإعتماد على نوع التحليل (على سبيل المثال , تحليل إنشائي Structural Analysis , تحليل حراري Thermal Analysis...الخ) . إن الشكل (2.13) يبين الحالة المتفرعة لنماذج المادة المتوفرة التي تقع ضمن التحليل الإنشائي (التركيبي) Structural Analysis. وكما نلاحظ من الشكل, إذا كانت المادة المستخدمة تبدي إستجابة خطية فإنه بإمكان المستخدم أن يقوم بالنقرالمزدوج على الخيار خطي Linear للحصول على الحالة المتفرعة لهذا الخيار. وبعد النقر المزدوج على الخيار مرن

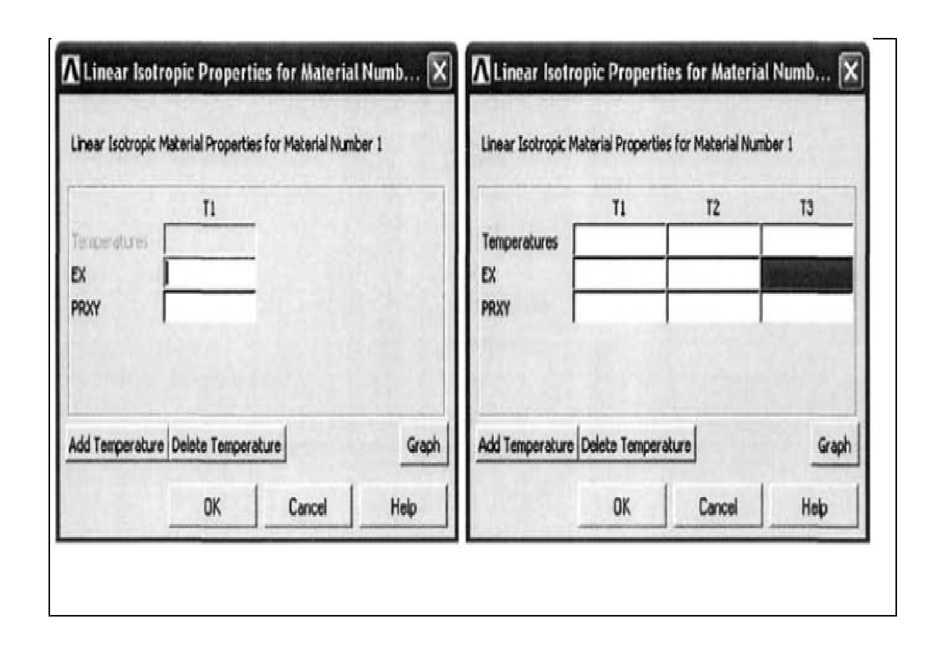
Elastic الذي يقع تحت الخيار خطي Linear , **نلاحظ ظهور ثلاث خيارات تتضمن:**

1. متشابه الخواص Isotropic.
2. متباين الخواص في إتجاهين عموديين مشتركين Orthotropic.
3. متباين الخواص Anisotropic.

وبعد النقر المزدوج على أي من هذه الخيارات يظهر صندوق حوار جديد كما مبين في الشكل (2.14). حيث أن النافذة الموجودة في الجانب الأيسر من الشكل (2.14) تبين صندوق الحوار المناظر للخيار متشابه الخواص Isotropic. وإذا كانت خواص المادة معتمدة على درجة الحرارة Temperature-Dependent , فإن زر إضافة درجة الحرارة Add Temperature Button يستخدم عادة لإضافة أعمدة درجات الحرارة المختلفة كما مبين في الافذة اليمنى من الشكل (2.14).


Define Material Model Behavior
Material Edit Favorite Help
Material Models Defined
Material Model Number 1
Material Models Available
Favorites
Structural
Linear
Elastic
Isotropic
Orthotropic
Anisotropic
Nonlinear
Density
Thermal Expansion
Damping

الشكل (2.13)


Linear Isotropic Properties for Material Numb...
Linear Isotropic Material Properties for Material Number 1
T1
Temperatures
EX
PRXY
Add Temperature
Delete Temperature
Graph
OK
Cancel
Help
Linear Isotropic Properties for Material Numb...
Linear Isotropic Material Properties for Material Number 1
T1
T2
T3
Temperatures
EX
PRXY
Add Temperature
Delete Temperature
Graph
OK
Cancel
Help

الشكل (2.14)

الصفات المميزة للعنصر Element Attributes

إن كل عنصر في برنامج Ansys يعرّف عادة بواسطة نوع العنصر Element Type , مجموعة الثوابت الحقيقية Real Constants Set , مجموعة خواص المادة Material Property Set ونظام إحداثيات العنصر Element Coordinate System. ويطلق على هذه الصفات بالصفات المميزة للعنصر Element Attributes. ولغرض إنشاء التشبيك Mesh فإن نوع العنصر يجب ان يحدّد بشكل مسبق كما أن خواص المادة (والثوابت الحقيقية إعتماداً على نوع العنصر) يجب أن تحدّد أيضاً للحصول على الحل. أما نظام إحداثيات العنصر فإنه يعرّف بشكل داخلي.

التفاعل مع نافذة الرسومات: إنتقاء الكائنات

Interaction with The Graphics Window: Picking Entities

عند التعامل مع برنامج Ansys بواسطة واجهة المستخدم الرسومية GUI فإن جزء من التفاعل مابين المستخدم والبرنامج يتطلب إنتقاء Picking الكائنات Entities في المواقع Locations الموجودة في نافذة الرسومات Graphics Window. إن هذه التفاعلات تتم عادة بإستخدام قوائم الإنتقاء Pick Menus. الأشكال (2.15 و 2.16) تبين مثالين حول إستخدام مثل هذه القوائم. إن عمليات الإنتقاء تتم عادة بإستخدام زر الفأرة الأيسر Left Mouse Button. وعند إنتقاء الكائنات بواسطة قائمة الإنتقاء نلاحظ وجود خمسة مجالات كما مبين في الشكل (2.15) **تتضمن:**

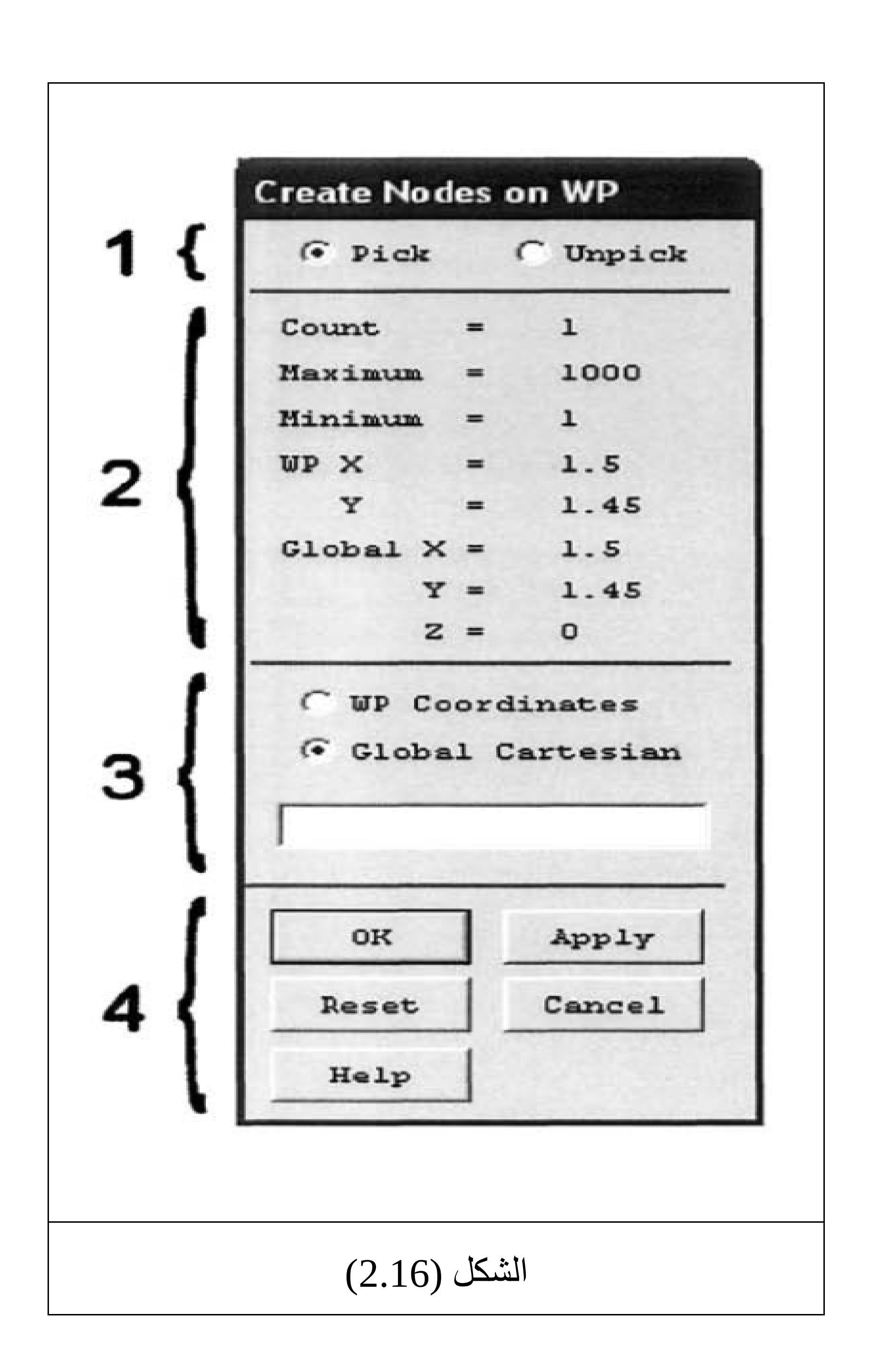
1. مجال الإنتقاء/اللاإنتقاء Pick/Unpick Field.
2. مجال نمط الإنتقاء Picking Style Field.
3. مجال المعلومة Information Field.
4. مجال النص Text Field.
5. مجال الفعل Action Field.

مجال الإنتقاء/اللاإنتقاء Pick/Unpick Field

بإستخدام أزرار الخيار (مفتاح الراديو) Radio-Button فإنه بإمكان المستخدم أن يقرر الكائنات التي سوف يقوم بإنتقائها أوتلك التي لايقوم بإنتقائها. إن هذه الميزة تكون مفيدة جداً عندما يريد المستخدم إنتقاء كائنات بدلاًمن غيرها. وبدلاً من إستخدام أزرار الخيار , فإنه بإمكان المستخدم إستخدام زر الفأرة الأيمن Right Mouse Button للتبديل مابين أنماط الإنتقاء واللاإنتقاء Pick/Unpick Modes.

List Picked Lines
1 Pick Unpick
2 Single Box Polygon Circle Loop
3 Count = 0 Maximum = 9 Minimum = 1 Line No. =
4 List of Items Min, Max, Inc
5 OK Apply Reset Cancel Pick All Help

الشكل (2.15)


Create Nodes on WP
1
Pick
Unpick
2
Count = 1
Maximum = 1000
Minimum = 1
WP X = 1.5
Y = 1.45
Global X = 1.5
Y = 1.45
Z = 0
3
WP Coordinates
Global Cartesian
4
OK
Apply
Reset
Cancel
Help

الشكل (2.16)

مجال نمط الإنتقاء Picking Style Field

في الحالة الإفتراضية يقوم المستخدم بإنتقاء كائناً واحداً في كل مرة (أي زر الخيار يكون أحادي Single في قائمة الإنتقاء Pick Menu). وعندما يكون عدد الكائنات المراد إنتقاؤها كبيراً, فإن نمط الإنتقاء الأحادي Single-Mode يصبح مملاً. وعليه, يتم إستخدام الأنماط الأخرى المفضلة في مثل هذه الحالات. والخيارات المتوفرة تتضمن:

1. خيار الصندوق Box Option.
2. خيار المضلّع Polygon Option.
3. خيار الدائرة Circle Option.

خيار الصندوق Box Option

حيث يقوم المستخدم برسم مستطيل في نافذة الرسومات بواسطة السحب مع تثبيت زر الفأرة الأيسر , والكائنات التي تحاط بهذا المستطيل يتم إنتقاؤها.

خيار المضلّع Polygon Option

يتيح هذا الخيار للمستخدم رسم مضلّع في نافذة الرسومات. حيث أن رؤوس المضلّع يتم إنشاؤها بواسطة النقر المفرد Single Click لزر الفارة الايسر ويتم الحصول على الشكل النهائي للمضلّع عندما يقوم المستخدم بالنقر على الرأس الأول الذي تم إنشاؤه في البداية ويتم إنتقاء الكائنات التي تقع في داخل المضلّع.

خيار الدائرة Circle Option

عندما تأخذ الكائنات مساراً أونموذجاً دائرياً (نصف قطري) Radial Pattern , فإن أفضل إسلوب لإنتقاؤها يتم عادة بواسطة النمط الدائري Circular Mode. إن هذا الخيار يسمح للمستخدم رسم دائرة في نافذة الرسومات بواسطة السحب مع تثبيت زر الفأرة الأيسر.

مجال المعلومة Information Field

إن هذا المجال يزود المستخدم بالمعلومة المفيدة مثل عدد الكائنات التي يتم إنتقاؤها , العدد الأقصى للكائنات التي يمكن إنتقاؤها , ورقم آخر كائن يتم إنتقاؤه.

مجال النص Text Field

بإستخدام هذا الخيار, فإنه بإمكان المستخدم أن يقوم بإدخال المعلومات في صندوق النص لإنتقاء الكائنات بدلاً من إنتقاؤها في نافذة الرسومات أي أن عملية الإنتقاء تتم بواسطة عملية الإدخال وليس عن طريق نافذة الرسومات. ويتم ذلك من خلال الخيارات التالية:

1. خيار قائمة العناصر List of Items.
2. خيار العدد الأدنى ,العدد الأقصى, مقدار الزيادة Min, Max, Inc.

خيار قائمة العناصر List of Items

عند إختيار زر الخيار المجاور للخيار قائمة العناصر (الحالة الإفتراضية) فإنه بإمكان المستخدم أن يقوم بإدخال قائمة بإرقام الكائنات المراد إنتقاؤها مفصولة بفارزة (فاصلة)

Comma في مجال النص.

خيار العدد الأدنى ,العدد الأقصى, مقدار الزيادة .Min, Max, Inc

عند إختيار زر الخيار المجاور للخيار .Min, Max, Inc فإنه بإمكان المستخدم إدخال أرقام الكائنات المراد إنتقاؤها بالترتيب التالي:

1. العدد الأدنى Minimum.
2. العدد الأقصى Maximum.
3. مقدار الزيادة Increment.

على سبيل المثال, عندما يقوم المستخدم بإدخال الأعداد: 1 , 5, 2 فإن برنامج Ansys يقوم بإنتقاء الكائنات المرقمة بالأرقام التالية:1 ,3 , 5.

مجال الفعل Action Field

إن هذا المجال يتضمن الأفعال البرمجية المألوفة مثل:

1. الموافقة على الفعل OK.
2. تطبيق الفعل Apply.
3. إعادة ضبط الفعل Reset.

4. إلغاء الفعل Cancel.
5. إنتقاء الكل (الجميع) Pick All.
6. المساعدة (التعليمات) Help.

الموافقة على الفعل OK

حيث يقوم هذا الزر بإنهاء عملية الإنتقاء وغلق قائمة الإنتقاء.

تطبيق الفعل Apply

بإستخدام هذا الزر يتم تطبيق عملية الإنتقاء مع بقاء قائمة الإنتقاء مفتوحة.

إعادة ضبط الفعل Reset

حيث يتم إهمال عملية الإنتقاء للكائن (التراجع عن العملية) وإعادة ضبط عملية الإنتقاء من جديد.

إلغاء الفعل Cancel

بواسطة هذا الزر يتم غلق قائمة الإنتقاء من دون إجراء عملية الإنتقاء.

إنتقاء الكل (الجميع) Pick All

يمكننا بإستخدام هذا الزرإنتقاء جميع الكائنات وغلق قائمة الإنتقاء.

المساعدة (التعليمات) Help

بإمكاننا من خلال إستخدام هذا الزر إظهار صفحة المساعدة المرتبطة بالعملية الحالية.

إن قائمة إنتقاء المواقع Picking Locations Menu مشابهة لقائمة إنتقاء الكائنات Picking Enitites Menu بإستثناء بعض الفروق الطفيفة في قائمة الإنتقاء. وتتميز هذه القائمة بوجود أربع مجالات كما مبين في الشكل (2.16) :

1. مجال الإنتقاء/اللاإنتقاء Pick/Unpick Field.
2. مجال المعلومة Information Field.
3. مجال النص Text Field.
4. مجال الفعل Action Field.

مجال الإنتقاء/اللاإنتقاء Pick/Unpick Field

ذا المجال مشابهاً لذلك المجال الذي تم التطرق إليه في قائمة إنتقاء الكائنات.

مجال المعلومة Information Field

أيضاً يكون مشابهاً لمجال المعلومة في قائمة إنتقاء الكائنات ويقوم بتزويد المستخدم ببعض المعلومات المفيدة مثل عدد المواقع التي يتم

إنتقاؤها , الحد الأعلى والأدنى لعمليات الإنتقاء الممكنة , مستوى العمل Working Plane والإحداثيات الديكارتية العامة (الشاملة) Global Cartesian Coordinates لآخر موقع تم إنتقاؤه.

مجال النص Text Field

يتيح هذا الخيار للمستخدم إدخال الإحداثيات في مجال النص للموقع المراد إنتقاؤه بدلاً من إنتقاؤها بإستخدام نافذة الرسومات. ويتم ذلك بواسطة:

1. مستوى العمل Working Plane.
2. أوالإحداثيات الديكارتية العامة Global Cartesian Coordinates.

وفي كلا الحالتين يتم إدخال الإحداثيات مفصولة بفواصل Commas.

مجال الفعل Action Field

حيث يكون مشابهاً لمجال الفعل في قائمة إنتقاء الكائنات يستثنى من ذلك غياب زر إنتقاء الكل Pick All.

2.2.7 أنظمة الإحداثيات Coordinates Systems

2.2.7.1 أنظمة الإحداثيات العامة (الشاملة)

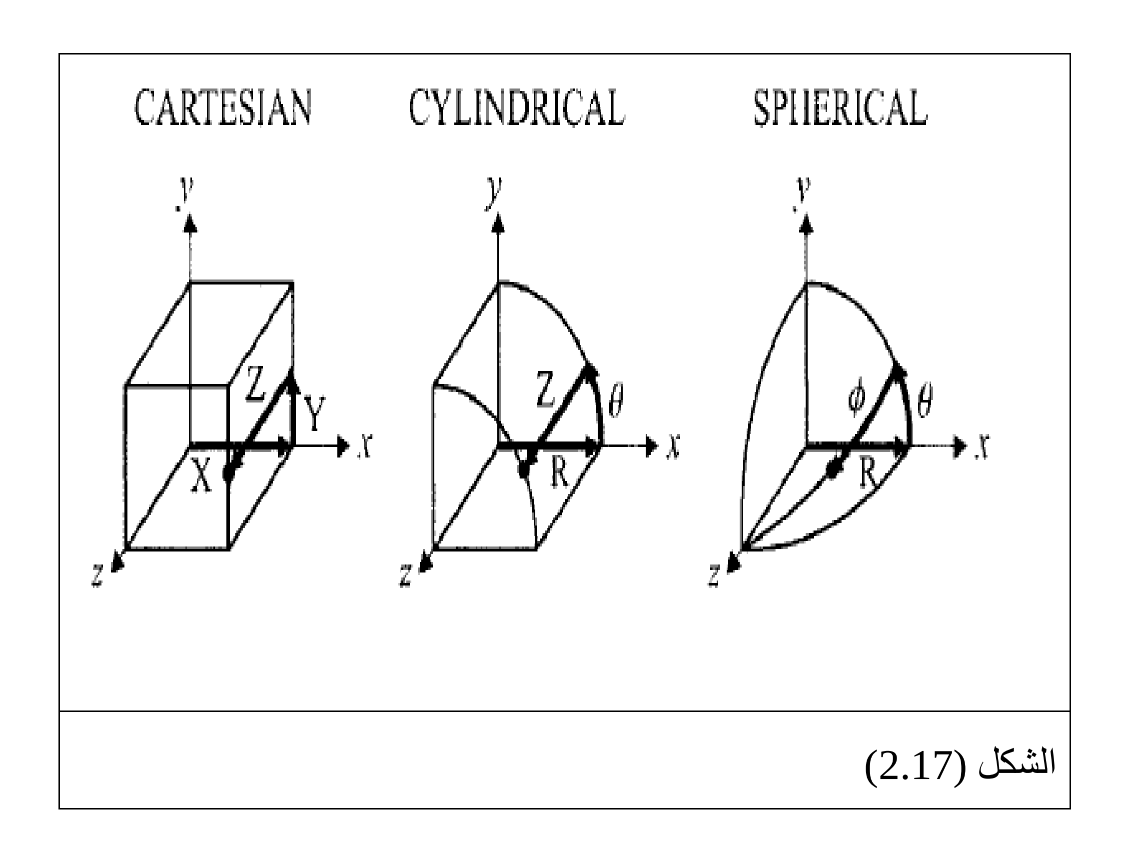
Global Coordinate System

عندما يبدأ المستخدم بجلسة Ansys فإن نظام الإحداثيات الإفتراضي هوالنظام الديكارتي Coordinate System (CS) Cartesian. وهناك العديد من الحالات التي يفضّل فيها إستخدام أنظمة الإحداثيات الأخرى التي تتضمن الإحداثيات الإسطوانية Cylinderical Coordinates والإحداثيات الكروية Spherical Coordinates. وهناك أربعة أنظمة من الإحداثيات المعرّفة بشكل مسبق في برنامج Ansys **تتضمن:**

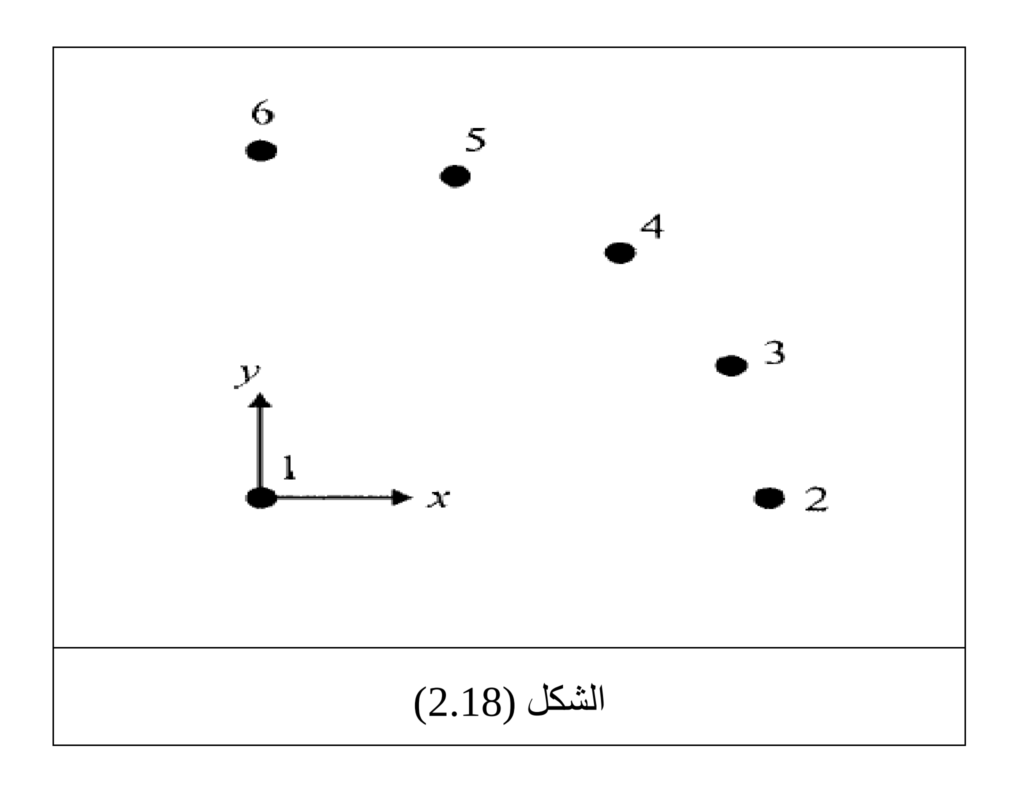
1. النظام الديكارتي Cartesian System.
2. النظام الإسطواني Cylinderical System.
3. النظام الكروي Spherical System.
4. النظام الحلقي Toroidal.

الشكل (2.17) يبين الأنظمة الثلاثة الأولى من هذه الإحداثيات. إن جميع هذه الأنظمة لها نفس نقطة الأصل Origin (نقطة الأصل العامة أوالشاملة Global Origin) وتسمى بأنظمة الإحداثيات العامة Global Coordinates Systems. وعلى الرغم من أن الجلسة تبدأ بنظام الإحداثيات الديكارتي فإنه بإمكان المستخدم أن يقوم بالتبديل مع الأنظمة الثلاثة الأخرى في أي وقت. إن نظام الإحداثيات الديكارتي المستخدم يسمى نظام الإحداثيات الفعّال (النشط) Active Coordinate System (Active System) . إن أي فعل مرتبط بالإحداثيات يتم عادة بإستخدام نظام الإحداثيات الفعّال (النشط) Active SC. على سبيل المثال, نظام

الإحداثيات الديكارتي أوالإسطواني يمكن إستخدامه لإنشاء العقد Nodes عند المواقع المبينة في الشكل (2.18).



الشكل (2.17)



الشكل (2.18)

إن العقد الموجودة حول الدائرة الواحدة تفصلها مسافات متساوية.
وبالرجوع الى نظام الإحداثيات الديكارتي, فإن العقد 1,2,6 يمكن إنشاؤها بسهولة لأن الإحداثيات محددة بشكل واضح وكمامبين في أدناه:

-(0,0,0)

-(1,0,0)

-(0,1,0)

أما بالنسبة للعقد 3,4,5 فإنه بإمكان المستخدم إستخدام العلاقات المثلثية لحساب إحداثيات x,y,z بالدقة المطلوبة أوبشكل تقريبي. والإسلوب البديل لحساب هذه الإحداثيات هوتغيير نظام الإحداثيات الفعّال Active Cs من النظام الديكارتي الى الإسطواني. وعند إستخدام نظام الإحداثيات الإسطواني فإن الإحداثيات x,y,z تعامل بشكل r,θ,z على التوالي. إن إحداثيات العقد 3,4,5 في نظام الإحداثيات الإسطواني الفعّال Cylindrical Cs تحدّد بالشكل التالي:

-(1,22.5,0)

-(1,45,0)

-(1,67.5,0)

وعند تغيير نظام الإحداثيات الفعّال يتم عادة تجنّب العديد من الحسابات الجبرية الغير ضرورية وكذلك تجنّب الفقدان الكبير بالدقة. إن إحداثيات العقد في أنظمة الإحداثيات الديكارتية والإسطوانية مبينة في الجدول (2.2). إن فقدان الدقة Accuracy-Loss يمكن أن يلاحظ من خلال ملاحظة الإحداثيات الممكنة في المحاور x,y,z بالنسبة للعقد 3,4,5.

الجدول 2.2 الإحداثيات العقدية في أنظمة الإحداثيات الديكارتية والإسطوانية Nodal Coordinates in Cartesian and Cylinderical Coordinates Systems.

Cylindrical الإسطواني			Cartesian الديكارتي			العقدة Node
Z	θ	r	z	y	x	
0	0	0	0	0	0	1
0	0	1	0	0	1	2
0	22.5	1	0	0.383 0.3827 0.38268	0.924 0.9239 0.92388	3
0	45	1	0	0.707 0.7071 0.70710 6	0.707 0.7071 0.70710 6	4
0	67.5	1	0	0.924 0.9239 0.92388	0.383 0.38327 0.38268	5
0	90	1	0	1	0	6

إن مسار القائمة المستخدم لتغيير نظام الإحداثيات الفعّال Active CS مبين في أدناه:

Utility Menu>WorkPlane>Change Active CS to

إن إختيار أحد الخيارات الثلاثة أعلاه في صندوق الحوار الذي يظهر أي النظام الديكارتي العام Global Cartesian , النظام الإسطواني العام Global Cylindrical والنظام الكروي العام Global Spherical يؤدي الى إتمام هذه العملية. إن نظام الإحداثيات الذي يتم إختياره يبقى فعالاً (نشطاً) Active وبالتالي فإن جميع الإحداثيات التي تشير الى النظام الفعّال تبقى فعّالة حتى يتم تغييرها من قبل المستخدم.

2.2.7.2 أنظمة الإحداثيات المحلية (الموضعية)

Local Coordinate Systems

إن جميع أنظمة الإحداثيات العامة Global Coordinates تشترك بنفس نقطة الأصل Origin (نقطة الأصل العامة Global Origin) والتي تتميز بوجود إتجاه Orientation معرّف بشكل مسبق. وهناك العديد من الحالات التي تكون فيها عملية تغيير النظام الإحداثي العام الى نظام إحداثي عام آخر غير مناسباً وربما يجعلها أكثر تعقيداً. وبالتالي فإن مايحتاجه المستخدم هوتغيير إتجاه النظام الفعّال CS Orientation و/أوموقع نقطة الأصل Origion Location. وفي مثل هذه الحالات يحتاج المستخدم الى تعديل نقطة الأصل أوتغيير الإتجاه أوكلاهما. ونظام الإحداثيات الناتج

يسمى نظام الإحداثيات المحلي Local Coordinate System (Local CS). إن نظام الإحداثيات المحلي Local CS يمكن إنشاؤه بواسطة تحديد إما موقع نقطة الأصل Origion Location أوثلاث نقاط أساسية Keypoints أوثلاث عقد Nodes. ويمكن أن يكون نظاماً محلياً واحداً فقط في حالة فعّالة أونشطة. إن برنامج Ansys يتطلب إستخدام أرقام دليلية لأنظمة الإحداثيات المحلية Local Coordinate System وهذه الأرقام يجب أن تكون أكبر أوتساوي (11). إن مسار القائمة المستخدم لإنشاء نظام الإحداثيات المحلي الفعّال Local CS عند الموقع المحدد هو:

Utility Menu>WorkPlane>Local Coordinate Systems>Create Local CS>At Specified Loc+

وهذا المسار يؤدي بدوره الى ظهور نافذة الإنتقاء Pick Menu التي تطلب من المستخدم إدخال إحداثيات النقاط في مجال النص Text Field في داخل قائمة الإنتقاء أوإنتقاء النقاط بواسطة نقر مؤشر الفأرة Mouse Pointer على نافذة الرسومات Graphic Window. وبعد إنتقاء نقطة الأصل الجديدة, فإن النقر على الزر موافق OK يؤدي الى ظهور صندوق الحوار المبين في الشكل (2.19). ونلاحظ أن صندوق الحوار مكون من عدة صناديق نص Text Boxes. الصندوق الأول يتضمن الرقم الدليلي Reference Number (في الحالة الإفتراضية يكون 11) فإذا كان نظام الإحداثيات المحلي Local CS معرّف بشكل مسبق فإن برنامج Ansys يحدّد بشكل إفتراضي أصغر رقم دليلي متوفر

والذي يكون أكبر أويساوي (11). وإذا كان هذا الرقم غير مناسب فإنه بإمكان المستخدم أن يقوم بإدخال رقم دليلي جديد لنظام الإحداثيات. وتحت صندوق نص الرقم الدليلي, نلاحظ وجود قائمة منسدلة (منفتحة) نحوالأسفل للإشارة الى نوع نظام الإحداثيات CS Type , الديكارتي, الإسطواني, أوالكروي (النظام الحلقي Toroidal لم يناقش هنا). إن إحداثيات نقطة الأصل لنظام الإحداثيات المحلي بالنسبة الى نقطة الأصل العامة Global Origion يجب أن تظهر في قائمة نوع نظام الإحداثيات. وأخيراً, يتم إدخال زوايا التدوير Rotation Angles بالنسبة الى نظام الإحداثيات الفعّال Active CS (ليس بالضرورة أن يكون النظام الديكارتي العام).

Create Local CS at Specified Location

[LOCAL] Create Local CS at Specified Location

KCN Ref number of new coord sys — 11

KCS Type of coordinate system — Cartesian 0

XC,YC,ZC Origin of coord system — 0.25 | 0.15 | 0

THXY Rotation about local Z

THYZ Rotation about local X

THZX Rotation about local Y

Following used only for elliptical and toroidal systems

PAR1 First parameter — 1

PAR2 Second parameter — 1

OK | Apply | Cancel | Help

الشكل (2.19)

2.2.8 مستوى العمل Working Plane

بغض النظر عن عدد أبعاد المسألة (ثنائي الأبعاد 2-D أوثلاثي الأبعاد 3-D) فإن الحسابات يتم إجراؤها في الفراغ الثلاثي الأبعاد 3-D Space ضمن بيئة برنامج Ansys. فإذا كانت المسألة ثنائية الأبعاد 2-D فإن برنامج Ansys سوف يستخدم المستوي x-y x-y Plane أي أن المستوي (z=0). إن مستوى العمل Working Plane (WP) عبارة عن مستوي ثنائي الأبعاد 2-D Plane مكون من نقطة أصل من نظام الإحداثيات الثنائي الأبعاد (الديكارتي Cartesian أوالقطبي Polar). كما أنه يتميز بوجود شبكة عرض Display Grid. إن هذه الشبكة مصممة لتسهيل عملية توليد النموذج الصلب Solid Model Generation حيث يمكن إن إنشاء العديد من كائنات النموذج الصلب بالرجوع الى نقطة الأصل لمستوي العمل. ومسار القائمة التالي يستخدم لعرض مستوي العمل : (WP)

Utility Menu>WorkPlane>Display Working Plane

ويلاحظ ظهور علامة التحقق Checkmark (√) عادة الى يسار عنصر هذه القائمة. ويمكننا بشكل مشابه إخفاء مستوي العمل بإستخدام نفس مسار القائمة مؤدياً ذلك الى إختفاء علامة التحقق. وفي الحالة

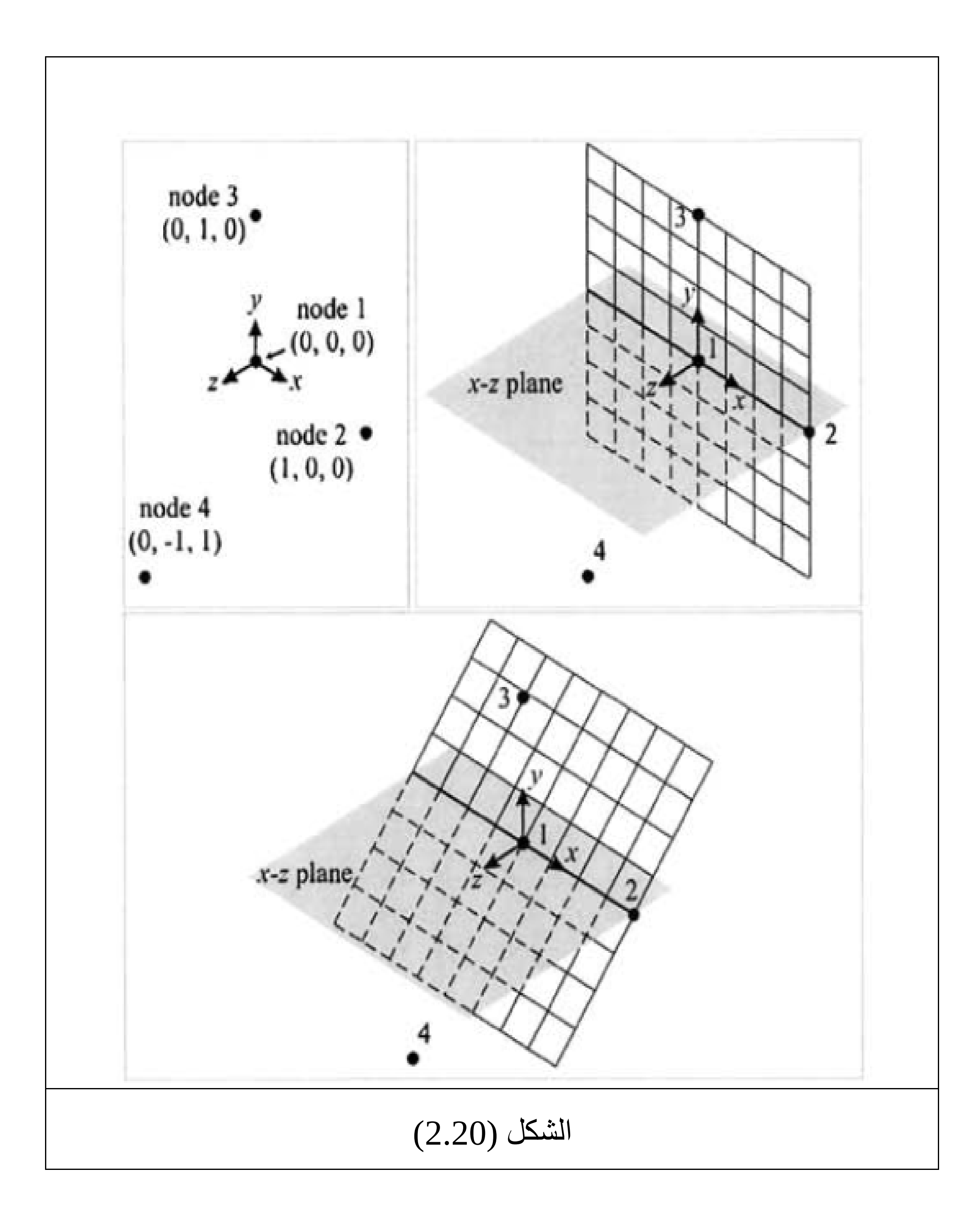
الإفتراضية , تظهر المحاور الثلاثية Triad (X,Y,Z) فقط في مستوي العمل WP في نافذة الرسومات. أما عرض إعدادات الشبكة فإنه يمكن أن يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Utility Menu>WorkPlane>WP Settings

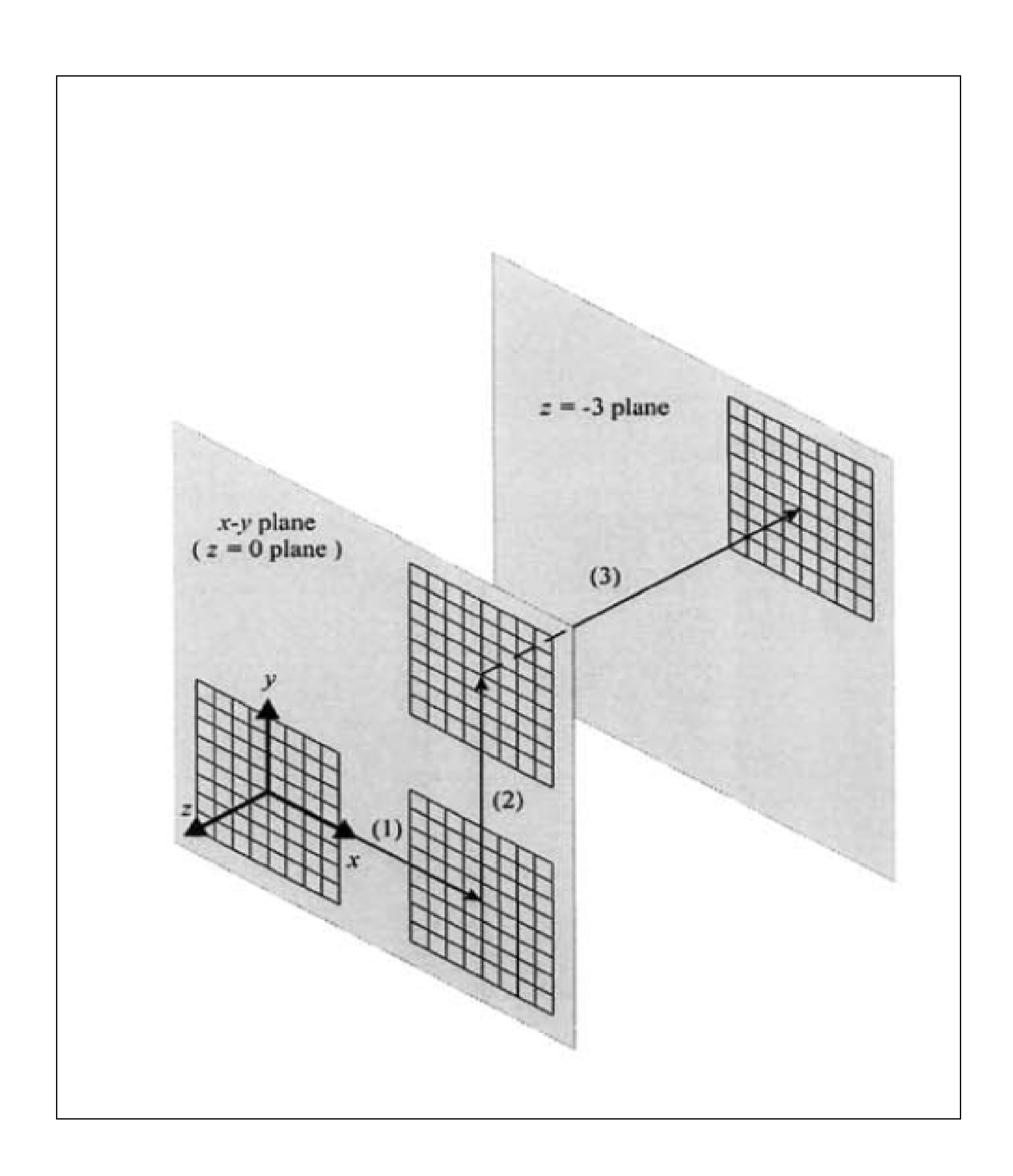
وهذا بدوره يؤدي الى ظهور نافذة إعدادات مستوي العمل WP Settings Window. إن النقر على أزرار الخيار (مفتاح الرديو) Radio-Button للشبكة والمحاور الثلاثية Grid and Triad يؤدي الى إظهار كل من الشبكة والمحاور الثلاثية. أما النقر على زر الخيار Grid Only أي شبكة فقط فإنه يؤدي الى إظهار الشبكة فقط . والضغط على الزر تطبيق Apply أوموافق OK يؤدي الى تنشيط أوتفعيل إعداد جديد New Setting. إن إستخدام أزرار الخيار الموجودة في الأعلى تسمح بالتبديل مابين نظام الإحداثيات الديكارتي والإسطواني (القطبي Polar). ويمكن وضع مستوى العمل في أي نقطة في الفراغ الثلاثي الأبعاد وفي أي إتجاه يتم إختياره. ويمكن إستخدام مستوي عمل WP واحد فقط في كل مرة. وفي الحالة الإفتراضية يمثل المستوي X-Y مستوي العمل WP وبنظام الإحداثيات العام Global CS. ويمكن تعريف مستوي العمل بواسطة تحديد إما ثلاث نقاط Points أوثلاث عقد Nodes أونقاط أساسية Keypoints. وهنا, سوف يتم التطرق الى كيفية تعريف مستوي العمل WP بواسطة ثلاث نقاط. ويتم ذلك بإستخدام مسار القائمة التالي:

Utility Menu>WorkPlane>Align WP with XYZ Locations

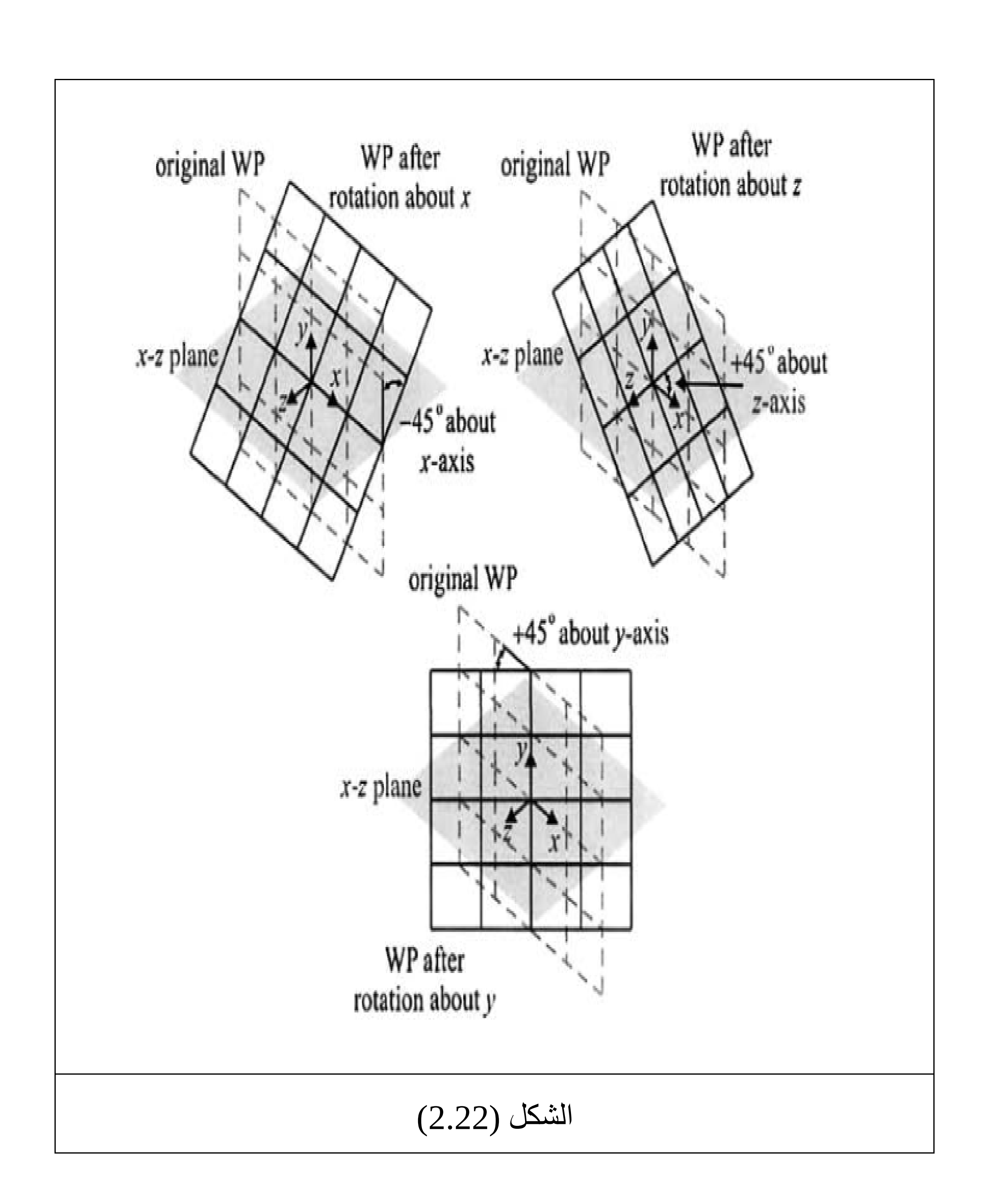
ونتيجة هذا المسار تظهر قائمة الإنتقاء Pick Menu وهذه القائمة تحث المستخدم على إدخال إحداثيات النقاط في مجال النص Text Field أوإنتقاء النقاط بواسطة نقر مؤشر الفأرة على نافذة الرسومات Graphics Windows. ويحتاج المستخدم عادة الى ثلاث نقاط ليست على إستقامة واحدة Noncolinear Points لتعريف المستوي. النقطة الإولى تمثل نقطة الأصل في مستوي العمل , والنقطة الثانية تعرّف محور (X) لمستوي العمل WP X-Axis على طول الخط المعرّف مابين نقطة الأصل والنقطة الثانية. والنقطة الثالثة تعرّف الإتجاه الموجب لمحور- Y في مستوي العمل WP-Y. الشكل (2.20) يبين مثالين حول حول تطبيق هذه العمليات. وعند إدخال جميع النقاط الثلاثة ومن ثم النقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء Pick Menu فإن ذلك يؤدي الى إتمام تعريف مستوي العمل WP بواسطة هذه النقاط الثلاثة. الشكل (2.21) يبين كيفية تحريك مستوي العمل WP الى الموقع الجديد بواسطة تحريكها بمسافات متساوية في الإتجاهات X,Y,Z وهذه الحركة تؤدي الى الحصول على مستوي العمل الجديد الذي يكون موازياً لإتجاهه الأصلي (السابق). هذا ويمكن تدوير مستوي العمل WP أيضاً في الإتجاهات الثلاثة كما مبين في الشكل (2.22).


node 3
(0, 1, 0)
y
node 1
(0, 0, 0)
z
x
node 2
(1, 0, 0)
node 4
(0, -1, 1)
3
y
1
x-z plane
z
x
2
4
3
y
1
x
x-z plane
z
2
4

الشكل (2.20)


z = -3 plane
x-y plane
(z = 0 plane)
(3)
y
(2)
z
(1)
x

الشكل (2.21)


original WP
WP after
rotation about x
x-z plane
y
z
x
−45° about
x-axis
original WP
WP after
rotation about z
x-z plane
y
z
x
+45° about
z-axis
original WP
+45° about y-axis
y
x-z plane
z
x
WP after
rotation about y

الشكل (2.22)

فعندما يقوم المستخدم بتدوير مستوي العمل WP حول المحور Z Z-Axis (وهوالإتجاه العمودي على مستوي العمل WP وليس على نظام الإحداثيات العام Global Cs) فإن مستوي العمل WP يبقى في نفس المستوي ولكن المحاور X,Y لمستوي العمل سوف تدور في داخل المستوي. إن هذه الحركات يمكن تنفيذها من خلال مسار القائمة التالي:

Utility Menu>WorkPlane>Offset by Increments

إن المسار أعلاه, يؤدي بدوره الى ظهور نافذة الإزاحة Offset Window. وهذه النافذة تتطلب إدخال قيم الإزاحة (قيم تحريك مستوي العمل) في الإتجاهات X,Y,Z. وتتضمن نافذة إزاحة مستوي العمل (التي تستخدم في حالة الإزاحة Translation أوالتدوير Rotation) وجود (6) أزرار إنضغاطية Push-Button للإزاحة و(6) أزرار إنضغاطية للتدوير. إن هذه الأزرار تستخدم عادة للإزاحة التزايدية Incremental Translation عن المحاور (X,Y,Z) الموجبة والسالبة وكذلك للتدوير التزايدي Incremental Rotation حول المحاور (X,Y,Z) الموجبة والسالبة. ويتم إجراء هذا التزايد بواسطة الزرالإنزلاقي Sliding Button الذي يقع تحت الأزرار (زر للإزاحة وآخر للتدوير). فإذا كان مستوي العمل في حالة عرض (إظهار) فإن نتيجة الإزاحة التزايدية أوالتدوير التزايدي يمكن أن يلاحظ بوضوح من دون الضغط على الزرتطبيق Apply. وجدير بالذكر, أن المحاور X وY تشير الى محاورمستوي العمل

WP (وليس المحاور العامة Global Axes) أما المحور Z فإنه الإتجاه العمودي على مستوي العمل (وليس على نظام الإحداثيات العام Global CS) والإتجاه الموجب يتحقق بواسطة قاعدة اليد اليمنى.

2.3 النمذجة الصلبة Solid Modeling

يمكن تعريف النموذج الصلب Solid Model بأنه تمثيل الشكل الهندسي للنظام الفيزيائي. إن الهدف الأساسي من عملية توليد النموذج بإستخدام برنامج Ansys هوإنشاء شبكة العنصر المحدد Finite-Element Mesh للنظام الفيزيائي. وهناك مسارين رئيسين في برنامج Ansys يستخدمان عادة لتوليد عقد Nodes وعناصر Elements الشبكة:

1. التوليد المباشر Direct Generation.
2. النمذجة الصلبة والتشبيك Solid Modeling and Meshing.

وبإستخدام طريقة التوليد المباشر فإن كل عقدة واحدة يمكن توليدها (إنشاؤها) بواسطة إدخال إحداثياتها يلي ذلك توليد العناصر من خلال معلومة الترابطية Connectivity Information. وبالنظر لكون أغلب مسائل التطبيقات الهندسية تتطلب إستخدام عدد كبير من العقد والعناصر (أي المئات وربما الآلآف) فإن طريقة التوليد المباشر تكون غير مناسبة في مثل هذه الحالات. وعليه, تعتبر طريقة النمذجة الصلبة إسلوب فعّال ومتعدد الإمكانيات وكذلك تعتبر بديل جيد لطريقة التوليد المباشر. إن النمذجة الصلبة تتضمن إنشاء كائنات الشكل الهندسي Geometrical Entities

مثل الخطوط Lines , المساحات Areas , أوالحجوم Volumes التي تمثل الشكل الهندسي الطبيعي للمسألة. وبعد إتمام عملية إنشاء الأشكال الهندسية, يمكن إجراءعملية التشبيك Meshing لها بواسطة برنامج Ansys بإسلوب تلقائي (أوتوماتيكي) وبإمكان المستخدم السيطرة على عملية التشبيك من حيث إدخال عوامل التشبيك المفضلة والمحددة من قبل المستخدم مثل كثافة التشبيك... الخ. إن النموذج الصلب Solid Model يمكن إنشاؤه بإحدى الأساليب التالية:

1. الكائنات Entities.
2. الأشكال الإبتدائية Primitives.

حيث أن الكائنات Entities تشير الى النقاط الأساسية Keypoints , الخطوط Lines , المساحات Areas , والحجوم Volumes. أما الأشكال الإبتدائية Primitives فإنها تشير الى الأشكال الهندسية المعرّفة بشكل مسبق Predefined Geometrical Shapes. ونلاحظ وجود تسلسل تصاعدي مابين الكائنات يبدأ من النقاط الأساسية وينتهي بالحجوم Volumes. إن كل كائن (بإستثناء النقاط الأساسية Keypoints) يمكن إنشاؤه بإستخدام الكائنات الأقل رتبة منه. وبعد عملية التعريف فإن كل كائن يرتبط بشكل تلقائي (أوتوماتيكي) مع الكائنات الأقل رتبة منه. وعند إنشاء هذه الكائنات إبتداءاً من النقاط الأساسية (الأقل رتبة) ومن ثم الإستمرار بعملية إنشاء الكائنات بواسطة التحرك نحوالأعلى (الكائنات الأعلى رتبة) فإن هذا النوع من النمذجة يسمى النمذجة الصلبة التصاعدية

Bottom-up Solid Modeling. وعند إستخدام الأشكال الإبتدائية Primitives فإن الكائنات فإن الكائنات المنخفضة الرتبة Lower Order Entities (النقاط الأساسية Keypoints , الخطوط Lines , والمساحات Area) يتم توليدها بشكل تلقائي (أوتوماتيكي) بواسطة برنامج Ansys.ونظراً لكون إسلوب الأشكال الإبتدائية يتضمن توليد الكائنات من دون إنشاء الكائنات المنخفضة الرتبة , فيطلق على هذه الطريقة النمذجة الصلبة التنازلية Top-Down Solid Modeling. إن العمليات المنطقية Booleans Operations والعمليات المشابهة لها يمكن تطبيقها على الأشكال الإبتدائية Primitives وذلك لتوليد الأشكال الهندسية المعقدة. إن كل من طريقة النمذجة التصاعدية والنمذجة التنازلية يمكن إستخدامهما بسهولة بشكل مشترك لأن إحداهما يمكن أن يكون مناسباً في مرحلة معينة من النمذجة والآخر في مرحلة أخرى. وليسمن الضروري إقرار الأولوية مابين الطريقتين خلال عملية التحليل.

2.3.1 الطريقة التصاعدية: الكائنات Bottom-up Approach: Entities

2.3.1.1 النقاط الأساسة Keypoints

عند إستخدام طريقة توليد النموذج التصاعدية فإن المستخدم يبدأ بتوليد النقاط النقاطالأساسية Keypoints. إن الكائنات العالية الرتبة (الخطوط Lines, المساحات Areas والحجوم Volumes) يمكن تعريفها بعد ذلك بإستخدام النقاط الأساسية. وتعتبر النقاط الأساسية ضرورية لإنشاء الكائن

العالي الرتبة Higher-Order Entity التي تعتبر بدورها ضرورية لنمذجة الأجزاء المختلفة للشكل الهندسي وهذه النقاط الأساسية يجب توليدها بشكل مسبق (في البداية). وعند توليد المساحات Areas أوالحجوم Volumes بإستخدام النقاط الأساسية Keypoints فإن الكائنات الوسطية Intermediate Entities يتم توليدها بشكل تلقائي (اوتوماتيكي) من قبل برنامج Ansys. وهنا سوف نتطرق الى إنشاء النقاط الأساسية Keypoints في كل من:

1. مستوى العمل Workplane (WP).
2. نظام الإحداثيات الفعّال Active CS.

إن مسار القائمة التالي يستخدم لإنشاء النقطة الأساسية Keypoint(KP) على مستوى العمل WP :

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Keypoints> On Working Plane

إن المسار أعلاه, يؤدي الى فتح قائمة الإنتقاء Pick Menu التي تطلب من المستخدم إنتقاء النقاط المطلوبة في مستوى العمل WP وحالما يتم إنتقاء النقاط بواسطة النقر على زر الفأرة الأيسر فإن الضغط (النقر) على الزرتطبيق Apply أوموافق OK يؤدي الى إتمام هذه المهمة (إن الضغط على الزر موافق OK يؤدي الى إغلاق قائمة الإنتقاء). ويفضل وجود الشبكة على مستوي العمل WP عند إستخدام هذه الطريقة. وعند

إستخدام قائمة الإنتقاء فإن عملية إنتقاء الموقع الدقيق ربما تكون ليست باليسيرة وبالتالي تؤدي الى توليد الكائنات الغير ضرورية. وهذه الكائنات الإضافية قد تعقد من العملية وتؤدي الى حدوث الأخطاء خلال مرحلة توليد النموذج الصلب. وطالما تكون قائمة الإنتقاء Pick Menu ظاهرة فإنه على المستخدم أن يثبّت (لايحرر) زر الفأرة الأيسر ويحرك المؤشر Pointer على نافذة الرسومات. وهذا يؤدي الى ظهور إحداثيات موقع مؤشر الفأرة في قائمة الإنتقاء. وبعد أن يجد المستخدم الإحداثيات المطلوبة فعندئذ بإمكانه تحرير زر الفأرة لإنهاء عملية الإنتقاء. إن المسار أدناه نستخدمه عادة لإنشاء النقطة أوالنقاط الأساسية Keypoints(s) KP في نظام الإحداثيات الفعّال Active CS :

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Keypoints> In Active CS

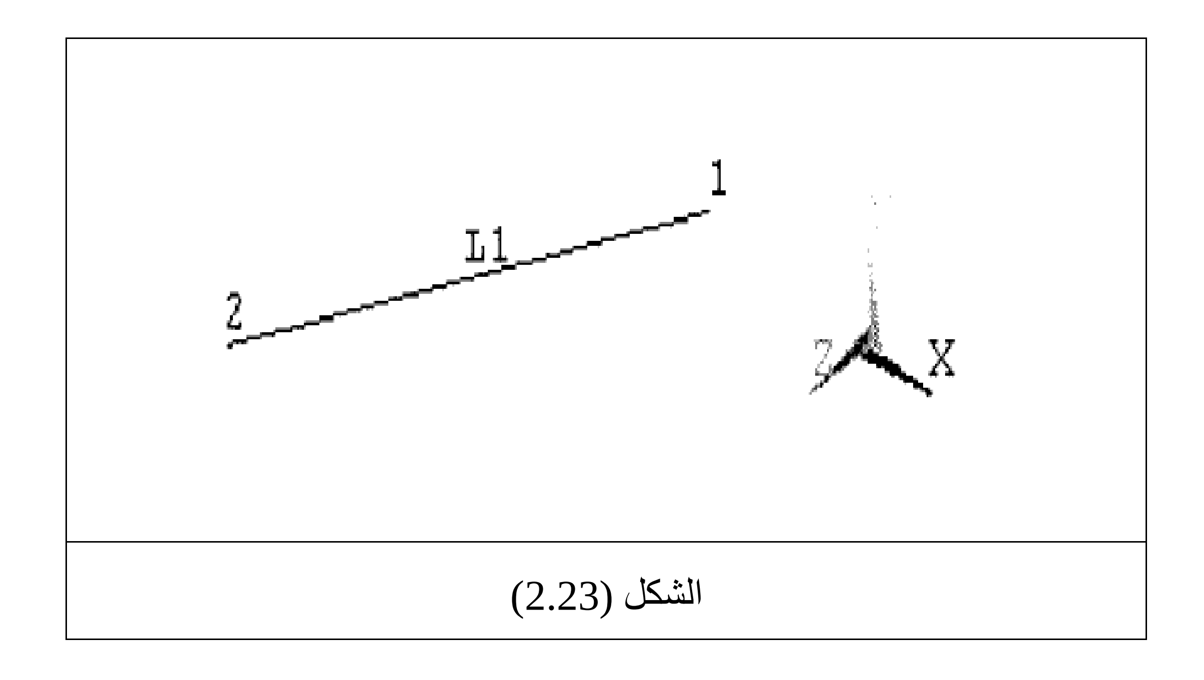
ويظهر نتيجة المسار أعلاه, صندوق حوار مكون من أربعة مجالات لعملية الإدخال Four Input Fields أحدها يستخدم لإدخال رقم النقطة الأساسية KP Number والأخرى لإدخال إحداثيات المحاور X,Y,Z. وبعد إدخال هذه المعلومات فإن النقر على الزر موافق OK يؤدي الى إنشاء النقطة الأساسية KP والخروج من صندوق الحوار. وعند النقر بشكل على الزر تطبيق Apply فبإمكاننا إنشاء أكبر عدد ممكن من النقاط الأساسية. إن الإحداثيات التي يتم إستخدامها في تعريف النقطة الأساسية KP يمكن تعديلها بإستخدام المسار أدناه :

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Move/Modify>Single KP

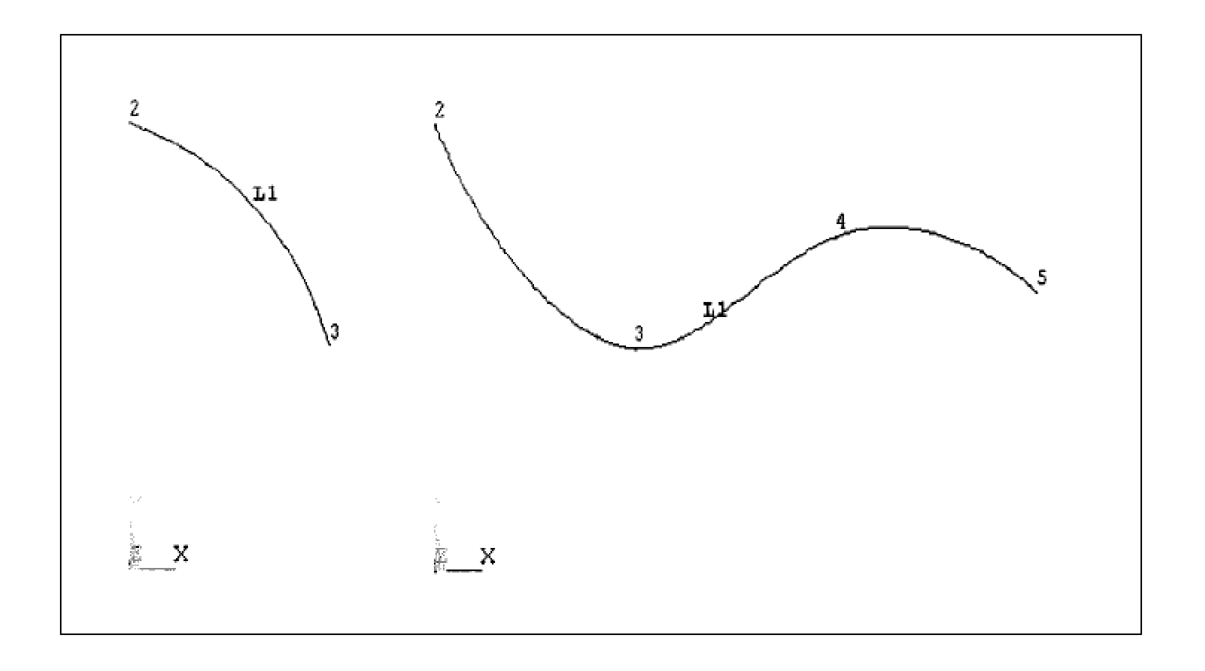
حيث تظهر قائمة الإنتقاء نتيجة المسار أعلاه. في البداية يتم إنتقاء النقطة الأساسية KP في نافذة الرسومات أوطباعة رقمها في مجال النص Text Field. ومن ثم يتم إنتقاء الموقع الجديد أوطباعة الإحداثيات الجديدة للنقطة الأساسية الجديدة في مجال النص. وبعد إتمام عملية التعديل للنقطة الأساسية فإن أي تشبيك مرتبط بتلك النقطة سوف يحذف (يمسح) بشكل تلقائي (أتوماتيكي) , هذا وإن أي كائنات عالية الرتبة مرتبطة بتلك النقطة الأساسية سوف تخضع للتعديل أيضاً.

2.3.1.2 الخطوط Lines

تستخدم الخطوط هنا إما لإنشاء التشبيك Mesh مع خط العناصر Element Line أولإنشاء المساحات Areas والحجوم Volumes. إن الخط المستقيم Straight Line , القوس Arc والمنحني الحلزوني Cubic Spline يمكن إنشاؤها كما مبين في الأشكال (2.23) و(2.24).



الشكل (2.23)



الشكل (2.24)

إنشاء خط مستقيم حقيقي (دقيق) Creating a True Straight Line

بإستخدام مسار القائمة التالي يمكن إنشاء الخط المستقيم Straight Line بغض النظر عن نظام الإحداثيات الفعّال Active CS. إن الإدخال الوحيد المطلوب هونقطتين من النقاط الأساسية KP. أما مسار القائمة المطلوب فهوكما مبين في أدناه:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Lines>Straight Line

وهذا المسار يؤدي الى ظهور قائمة الإنتقاء Pick Menu التي تطلب من المستخدم إدخال أرقام النقاط الأساسية Keypoints Numbers والتي يتم إدخالها من خلال مجال النص Text Field أومن خلال الإنتقاء في نافذة الرسومات Graphics Window. هذا ويمكن توليد العديد من الخطوط, واحد في كل مرة من دون غلق قائمة الإنتقاء بواسطة إستخدام زر تطبيق Apply Button. إن الخط المستقيم (L1) Straight Line (L1) يمكن إنشاؤه بواسطة النقاط الأساسية KP1 وKP1.

إنشاء الخط المستقيم في نظام الإحداثيات الفعّال (النشط) Creating a Straight Line in The Active CS

بواسطة هذه الطريقة يمكننا إنشاء الخط المستقيم في نظام الإحداثيات الفعّال Active CS. فإذا كان نظام الإحداثيات الفعّال هوالنظام الديكارتي Cartesian CS فإن الخط الذي يتم إنشاؤه يمثل الخط المستقيم الحقيقي (الدقيق) True Straight Line. أما إذا كان نظام الإحداثيات الفعّال هوالنظام الإسطواني Cylindrical CS فإن الخط الذي يتم إنشاؤه هوالخط اللولبي Helical Spiral. ومسار القائمة المطلوب يتضمن:

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Lines>InActive Coord

وتظهر نتيجة المسار أعلاه, قائمة الإنتقاء Pick Menu التي تتطلب إدخال النقاط الأساسية. إن أرقام النقاط الأساسية يتم الحصول عليها إما بواسطة مجال النص Text Field أوبواسطة إنتقاؤها بإستخدام نافذة الرسومات. هذا ويمكن إنشاء العديد من الخطوط (خط واحد في كل مرة) من دون غلق قائمة الإنتقاء بواسطة النقر على الزر تطبيق Apply. وهذا الإسلوب مشابه للإسلوب المستخدم في إنشاء الخط المستقيم الحقيقي (الدقيق).

إنشاء القوس Creating an Arc

إن إنشاء القوس يتطلب عادة ثلاث نقاط أساسية. والقوس الذي يتم إنشاؤه يكون دائري Circular بغض النظر عن نظام الإحداثيات الفعّال Active CS. ويتم توليده عادة مابين النقطة الأساسية الأولى KP1 والنقطة الأساسية الثانية KP2 اما النقطة الأساسية الثالثة KP3 فإنها تستخدم في

تعريف مستوى Plane القوس بالإضافة الى جانب التقوّس الموجب Positive Curvature Side وليس بالضرورة أن تكون في مركز التقوس.أما مسار القائمة المطلوب فهوكمايلي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Arcs>By Ends KPS & Rad

حيث تظهر قائمة الإنتقاء نتيجة المسار أعلاه, تحث المستخدم على إدخال نقطتي النهاية أي النقطة الأساسية الأولى First KP والنقطة الأساسية الثانية Second KP. وهذه النقاط يتم إدخالها أما بواسطة مجال النص أوبواسطة إنتقاؤها بإستخدام نافذة الرسومات. وبعد النقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء , يطلب برنامج Ansys النقطة الأساسية الثالثة Third KP التي تعرّف جانب التقّوس الموجب. وبعد إدخالها بنفس الإسلوب ومن ثم النقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء يظهر صندوق حوار, المجال الأول في هذا الصندوق يمثل نصف قطر القوس Radius أما المجالات الثلاثة المتبقية فإنها تمثل النقاط الأساسية التي سبق وأن تم إدخالها. إن إدخال نصف قطر القوس ومن ثم النقر على الزر موافق OK يؤدي الى إنهاء هذه المهمة.

إنشاء المنحني الحلزوني Creating a Spline

إنشاء المنحني الحلزوني يتطلب العديد من النقاط (2 في الحد الأدنى). أما مسار القائمة المطلوب فهوكما مبين في أدناه:

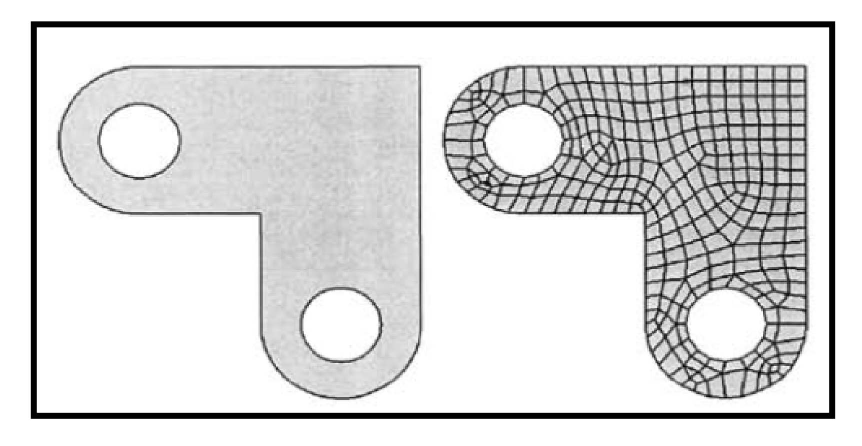
Main Menu>Preprocessing>Modeling>Create>Spline>Spline Thru KPs

وهذا يؤدي الى إظهار قائمة الإنتقاء التي تطلب من المستخدم إنتقاء النقاط الأساسية. وبعد الإنتهاء من ذلك والنقر على الزر موافق OK تنتهي مهمة إنشاء المنحني الحلزوني. ويمكننا إنشاء العديد من المنحنيات الحلزونية (منحني حلزوني واحد في كل مرة) من دون غلق قائمة الإنتقاء بواسطة النقر على الزر تطبيق Apply بدلاً من النقر على الزر موافق OK. وبعد تعريف الخطوط Lines يمكننا إنشاء المساحات بواسطة إستخدام هذه الخطوط.

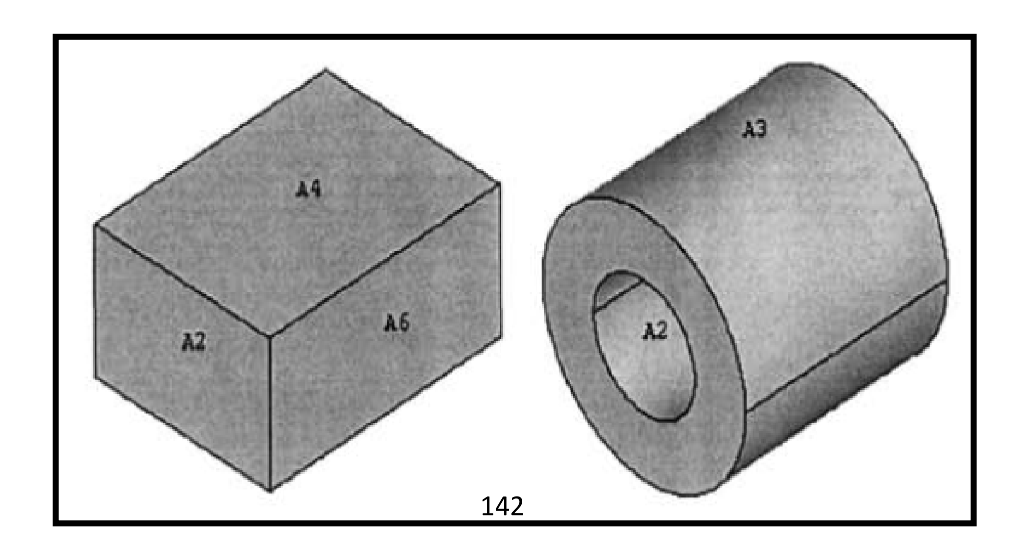
2.3.1.3 المساحات Areas

المساحات تستخدم عادة لإنشاء التشبيك Mesh مع مساحة العناصر Elements Area كما أنها تستخدم لإنشاء الحجوم Volumes. فإذا كان الشكل الهندسي يتطلب إستخدام المجال (النطاق) الثنائي الأبعاد 2-D Domain فإن المساحة أوالمساحات Ares(s) المطلوبة سوف تكون مستوية (مسطحة) Flat وتقع في المستوي X-Y Plane X-Y. أما إذا كان الشكل الهندسي يتطلب إستخدام الأجسام الثلاثية الأبعاد 3-D Bodies ,

فإن المساحات التي تعرّف أوجه الحجم أوالحجوم (Volume(s يمكن أن تكون مستوية (مسطحة) Flat أومنحنية Curved. إن التشبيك الذي يتم إنشاؤه بإستخدام المساحة المستوية Flat Area وكذلك الحجوم التي يتم إنشاؤها من المساحات المستوية والمنحنية Flat&Curved Areas مبينة في الأشكال (2.25) و(2.26).



الشكل (2.25)



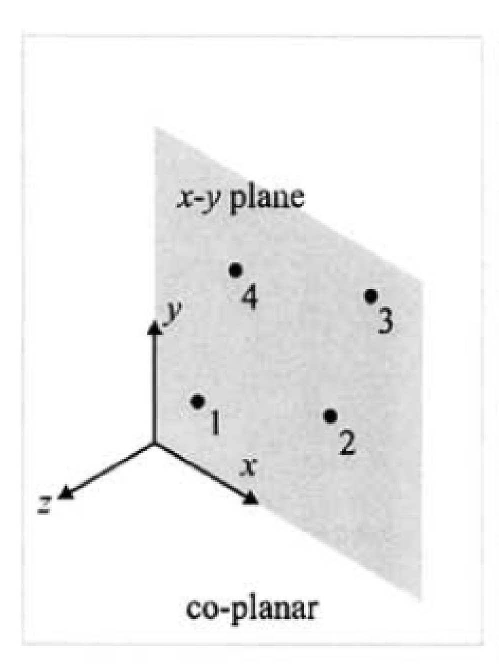
الشكل (2.26)

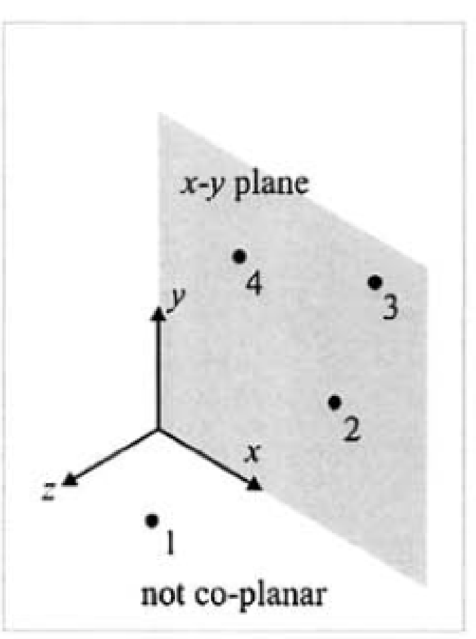
وبإستخدام الطريقة التصاعدية Bottom-up Approach يمكن إنشاء المساحات إما بإستخدام النقاط الأساسية Keypoints أوالخطوط Lines.

إنشاء المساحة بإستخدام النقاط الأساسية

Create an Area Using Keypoints

حيث أن الحد الأدنى لعدد النقاط الأساسية المطلوبة هو(3) أما العدد الأقصى المسموح فهو(18). فإذا كان عدد النقاط الأساسية المستخدمة أكثر من (3) فإنها يجب أن تقع في نفس المستوي أي نقاط في مستوي واحد Coplanar-Points كما مبين في الشكل (2.27).





الشكل (2.27)

أما مسار القائمة المطلوب فهوكمايلي:

Main Menu>Preprocessing>Modeling>Create>-Areas-Arbitrary>Through KPs

وهذا يؤدي بدوره الى ظهور قائمة الإنتقاء Pick Menu التي تتطلب إنتقاء النقاط الأساسية. وعند الإنتهاء من ذلك يؤدي النقر على الزر موافق OK الى إنشاء المساحة المطلوبة.

إنشاء المساحة بإستخدام الخطوط Creating an Area Using Lines

عند إنشاء المساحة بإستخدام الخطوط فإن الحد الأدنى لعدد الخطوط المعرّفة بشكل مسبق هو(3), أما العدد الأقصى المسموح للخطوط فهو(10). فإذا كان عدد الخطوط المستخدمة أكثر من (3) فإنها يجب أن تقع في نفس المستوي أي خطوط في مستوي واحد Coplanar Lines. إن ترتيب الخطوط يجب أن يكون بإتجاه عقارب الساعة Clockwise أوبإتجاه معاكس لعقارب الساعة Counter Clockwise كما أنها يجب أن تؤدي الى إنشاء منحني متصل ومغلق Concted Closed Curve. ومسار القائمة المطلوب مبين في أدناه:

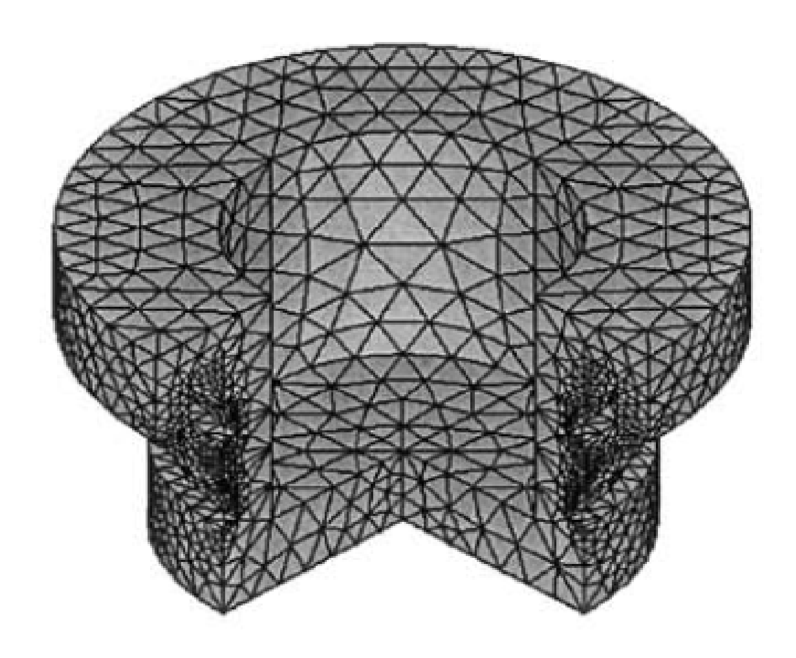
Main Menu>Preprocessing>Modeling>Create>-Areas-Arbitrary >By Lines

حيث تظهر قائمة الإنتقاء نتيجة المسار أعلاه حيث تحث المستخدم على إنتقاء الخطوط. وبعد الإنتهاء من ذلك, فإن النقر على الزر موافق OK يؤدي الى إنشاء المساحة المطلوبة. وجدير بالذكر,بأن هناك طريقة شائعة تستخدم بشكل شائع في إنشاء المساحات بواسطة الأشكال الإبتدائية Primitives وهي جزء من طريقة النمذجة التنازلية Top-down Approach التي سوف يتم التطرق إليها في المقطع 2.3.2.

2.3.1.4 الحجوم Volumes

حيث تستخدم عادة في إنشاء التشبيك مع حجم العناصر Elements Volume كما مبين في الشكل (2.28). ويمكن إنشاء الحجوم إما بإستخدام

النقاط الأساسية Keypoints أوبإستخدام المساحات Areas. فعند إستخدام النقاط الأساسية فإن المساحات والخطوط المرتبطة بذلك الحجم يتم توليدها (إنشاؤها) بشكل تلقائي (أتوتوماتيكي) بواسطة برنامج Ansys. وفي أدناه سوف نتطرق الى الطريقتين.

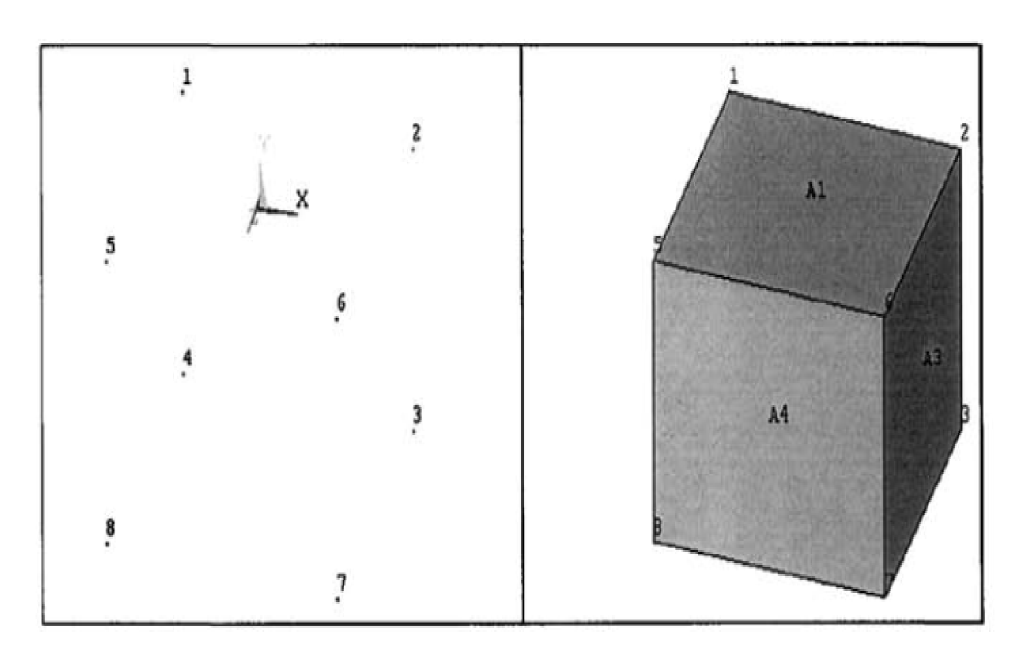


الشكل (2.28)

إنشاء الحجوم بإستخدام النقاط الأساسية Creating Volumes Using Keypoints

حيث أن العدد الأقصى للنقاط الأساسية المطلوبة لإنشاء الحجوم هو(8) أما العدد الأدنى فهو(4). إن هذه النقاط يجب أن تحدّد بترتيب متصل Continuous Order. فإذا كان الحجم مكون من (6) أوجه فإن

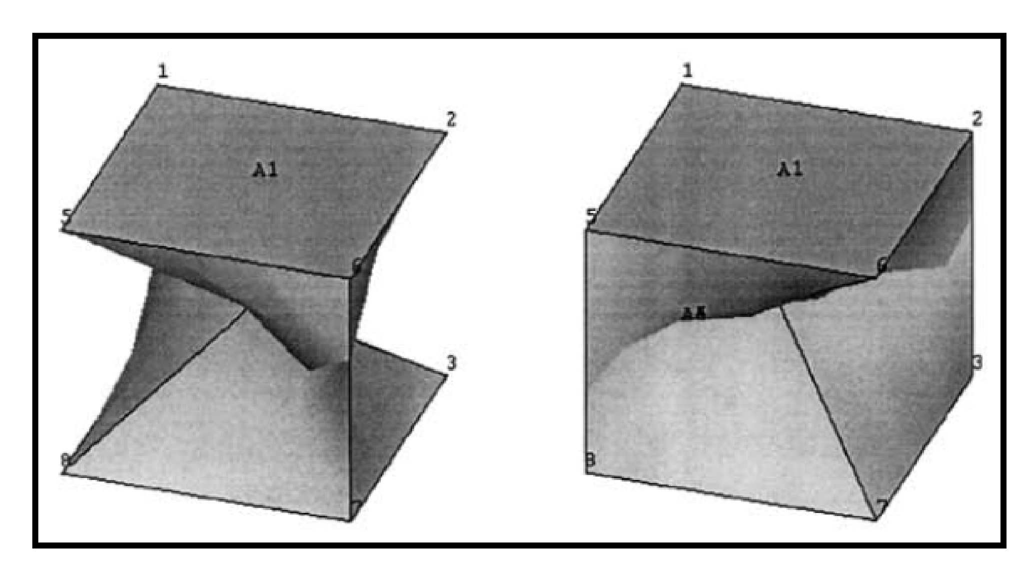
إنشاء ذلك يتطلب إستخدام (2) من الأوجه المتقابلة Opposite Faces يتم تحديدها من قبل المستخدم. إن تعريف النقاط الأساسية في تلك الأوجه يجب أن يكون إما بإتجاه عقارب الساعة أوبإتجاه معاكس لعقارب الساعة. على سبيل المثال, الحجم المكعب المكون من (6) أوجه 6-Faced Volume المبين في الشكل (2.29) يتطلب إستخدام (8) نقاط أساسية.



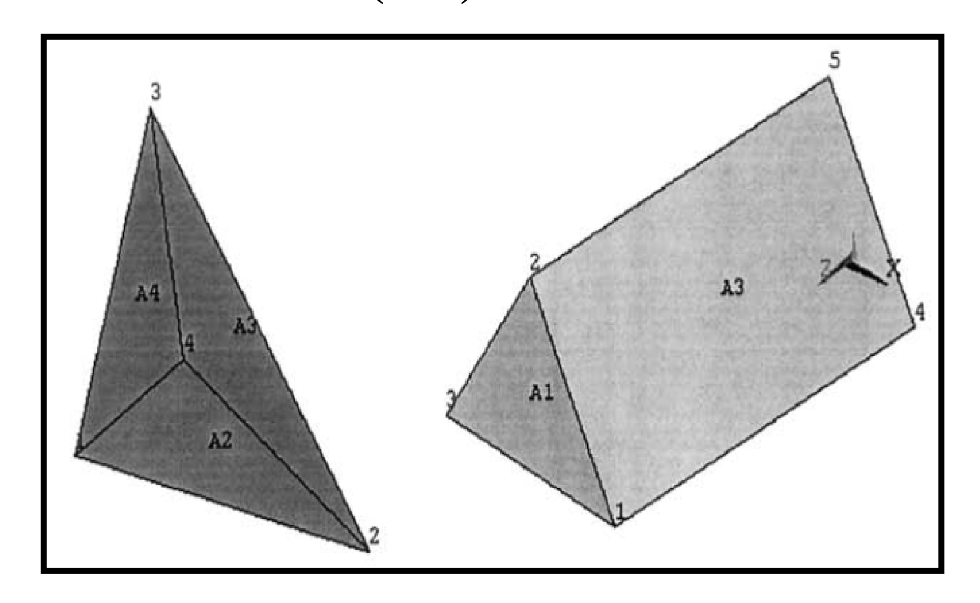
الشكل (2.29)

إن التسلسل الصحيح لهذه النقاط بإتجاه معاكس لعقارب الساعة هو:8-7-3-4-5-6-2-1. أما التسلسل الخاطئ فهوعلى سبيل المثال: 1-2-6-5-4-8-7-3 أو 8-4-3-7-5-6-2-1 كما مبين في الشكل (2.30) لأنه لم يكن بإتجاه عقارب الساعة ولا بإتجاه معاكس لعقارب الساعة وبالتالي يؤدي الى فشل عملية إنشاء المكعب المطلوب. الشكل (2.31) يبين

الحجوم المكونة من (4) و(5) أوجه أي الشكل الرباعي السطوح Tetrahedron والموشور المثلثي Triangular Prism.



الشكل (2.30)



الشكل (2.31)

أما مسار القائمة المطلوب فهوكما مبين في أدناه:

Main Menu>Preprocessing>Modeling>Create>-Volumes- Arbitrary > Through KPs

وهذا يؤدي بدوره الى إظهار قائمة الإنتقاء التي تتطلب إنتقاء النقاط الأساسية. وبعد الإنتهاء من ذلك , يؤدي النقر على الزر موافق OK الى إنشاء الحجم المطلوب.

إنشاء الحجوم بإستخدام المساحات Creating Volumes Using Areas

يتطلب إنشاء الحجوم بواسطة المساحات في الحد الأدنى (4) مساحات (الحد الأعلى 10 مساحات). وهنا يمكن تحديد المساحات بأي ترتيب. إن السطح Surface الذي يعرّف بواسطة المساحة يجب أن يكون متصلاً Continuous ومسار القائمة المطلوب لذلك هو:

Main Menu>Preprocessing>Modeling>Create>-Volumes- Arbitrary > By Areas

وتظهر نتيجة لذلك قائمة الإنتقاء التي تتطلب إنتقاء المساحات. وبعد الإنتهاء من ذلك يؤدي النقر على الزر موافق OK الى إنشاء الحجم المطلوب.

2.3.2 الطريقة التنازلية:الأشكال الإبتدائية

Top-down Approach: Primitives

إن الأشكال الإبتدائية Primitives هي عبارة عن أشكال هندسية معرّفة بشكل مسبق Predefined Geometrical Shapes تمكّن المستخدم من إنشاء كائن النموذج الصلب Solid Model (مساحة Area أوحجم Volume) بإستخدام عنصر القائمة المنفرد Single Menu Item. وهنا لايتطلب من المستخدم إنشاء النقاط الأساسية Keypoints والخطوط Lines قبل إستخدام الأشكال الإبتدائية.

2.3.2.1 الأشكال الإبتدائية للمساحة Area Primitives

تستخدم الأشكال الإبتدائية للمساحة في الحصول على المستطيلات Rectangles , الدوائر Circles والمضلّعات Polygons. وهناك العديد من الأساليب التي تستخدم في إنشاء الأشكال الإبتدائية تتضمن:

1. إنشاء المستطيل بواسطة الأبعاد Rectangle By Dimensions.
2. إنشاء المستطيل بإستخدام زاويتين Rectangle By 2 Corners.
3. إنشاء المساحة الدائرية المصمتة (الغير مجوفة) Solid Circular Area.
4. إنشاء المساحة الدائرية بواسطة الأبعاد Circular Area By Dimensions.
5. إنشاء المضلّع Polygon.

إنشاء المستطيل بواسطة الأبعاد Rectangle By Dimensions

ويتم ذلك بإستخدام مسار القائمة التالي:

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Rectangle>By Dimension

حيث يظهر نتيجة لذلك صندوق حوار يتطلب إدخال إحداثيات X,Y,Z في مستوي العمل WP لزاويتي المستطيل. وبعد ملأ المجالات الأربعة في هذا الصندوق, فإن النقر على الزر موافق OK يؤدي الى إنشاء المستطيل في نافذة الرسومات Graphic Window.

إنشاء المستطيل بإستخدام زاويتين Rectangle By 2 Corners

حيث يتطلب إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Rectangle>By 2 Corners

وهذا المسار يؤدي الى إظهار قائمة الإنتقاء Pick Menu. وهناك طريقتين يمكن إستخدامهما لإنهاء هذه المهمة تتضمن:

1. إستخدام المجالات الأربعة في قائمة الإنتقاء لإدخال إحداثيات مستوي العمل WP لأحدى الزوايا والأبعاد المطلوبة للمستطيل.
2. إستخدام زر الفأرة الأيسر للنقر على نافذة الرسومات وذلك لتعريف إحدى الزوايا. ومن ثم تحريك مؤشر الفأرة Mouse Pointer ونتيجة لذلك يقوم برنامج Ansys بإظهار المستطيلات الممكنة

بشكل خطوط خارجية Outlines مع الأبعاد المكافئة حيث بإمكان المستخدم إختيار الأبعاد الصحيحة (المطلوبة) وعندما يقوم بالنقر على زر الفأرة الأيسر يؤدي ذلك الى إنشاء المساحة المستطيلة.

إنشاء المساحة الدائرية المصمتة (الغير مجوفة) Solid Circular Area

حيث نستخدم مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Circle>Solid Circle

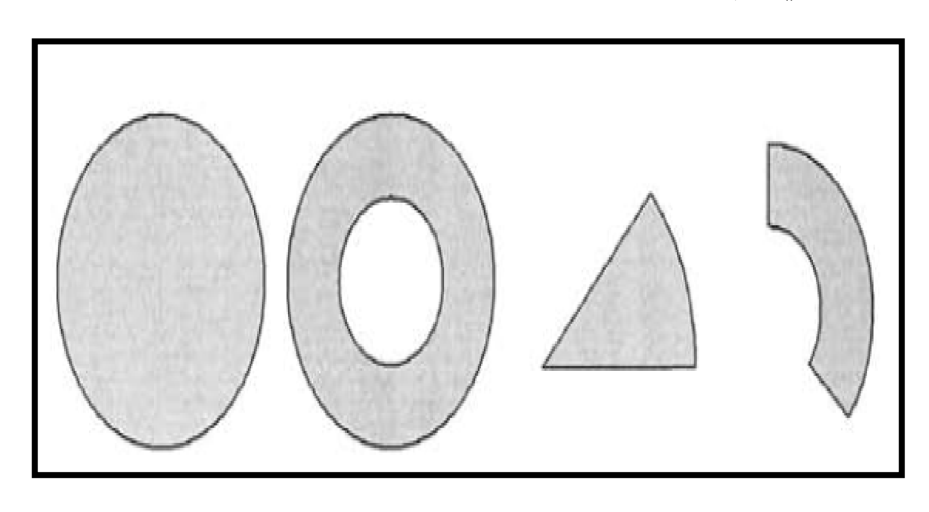
وهذا بدوره يؤدي الى إظهار قائمة الإنتقاء التي تتطلب إستخدام إحداثيات X,Y,Z في مستوي العمل لمركز الدائرة وكذلك نصف قطرها Radius. ويمكن إجراء ذلك إما بواسطة ملأ المجالات الموجودة في قائمة الإنتقاء أوبإستخدام مؤشر الفأرة. إن إنتقاء مركز الدائرة وتحريك مؤشر الفأرة لإيجاد نصف القطر المطلوب (كماهوالحال في تحريك مؤشر الفأرة المستخدم في إنشاء المستطيلات بواسطة الأبعاد يقوم برنامج Ansys برسم الخط الخارجي للدائرة Circle Outline مع نصف القطر المعرّف) والنقر مرة أخرى يؤدي الى إنهاء مهمة توليد الدائرة المصمتة.

إنشاء المساحة الدائرية بواسطة الأبعاد Circular Area By Dimensions

بإستخدام هذه الطريقة فإن الدائرة المصمتة Solid Circle , الحلقة الدائرية Annulus , القطاع الدائري (الأسفين) Circular Segment(Wedge) أوأجزاء الحلقة الدائرية يمكن توليدها كما مبين في الشكل (2.32). ويتطلب ذلك إستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Circle>By Dimensions

بعد تنفيذ المسار أعلاه يظهر صندوق الحوار الذي يتطلب إدخال المعلومات المرتبطة بإنصاف الأقطار الخارجية والداخلية (خياري) Outer & Inner Diameters (Optional) وزوايا البداية والنهاية للمقطع الدائري Starting & Ending Angles. إن جميع معاملات الشكل الهندسي يتم تعريفها بالنسبة الى مستوى العمل WP.



الشكل (2.32)

فعندما يتم إدخال زوايا البداية والنهاية بالمقادير (0,360) يقوم برنامج Ansys بإنشاء دائرة مصمتة أوحلقة دائرية إعتماداً على معلومة نصف القطر , وإلا يتم إنشاء جزء من دائرة مصمتة (اسفين) Partial Solid Circle (Wedge) أوجزء من حلقة دائرية Partial Annulus. وعندما يترك نصف القطر الداخلي الخياري فارغاً (أويتم إدخال صفر

zero في مجال النص) فإن المساحة التي سوق يتم إنشاؤها تكون عبارة عن دائرة مصمتة وبخلاف ذلك يتم إنشاء حلقة دائرية.

إنشاء المضلّع Polygon

حيث يتطلب إنشاؤه إستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>-Areas-Polygon>By Vertices

وتظهر قائمة الإنتقاء نتيجة المسار أعلاه , حيث تتطلب إنتقاء أوإدخال قيم رؤوس المضلّع Vertices المطلوبة. إن جميع هذه الرؤوس تكون في مستوى العمل WP. وإن عملية إنشاء المضلّع تتطلب عادة أن يكون مغلقاً ويمكن تحقيق ذلك بواسطة إنتقاء النقطة الأولى مرة أخرى بعد إنتقاء النقطة الأخيرة. وعندما لايقوم المستخدم بإنتقاء النقطة الأولى لغلق المضلّع وينقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء فإن برنامج Ansys يقوم بشكل تلقائي (أوتوماتيكي) بغلق المضلّع بواسطة تعريف الخط مابين النقطة الأولى والنقطة الثانية.

2.3.2.2 الأشكال الإبتدائية للحجم Volume Primitives

تستخدم الأشكال الإبتدائية للحجوم لتوليد الأشكال الأسطوانية Cylinders , الموشورية Prisms , الكروية Spheres , المخروطية

Cons والأشكال الموشورية القائمة Blocks. وهناك العديد من الأساليب التي تستخدم في إنشاء هذه الأشكال. وهذه الأشكال تتضمن:

1. الموشور القائم Block.
2. الشكل الإسطواني Cylinder.
3. الشكل الموشوري Prism.
4. الشكل الكروي Sphere.
5. الشكل المخروطي Cone.

الموشور القائم Block

حيث يمكن إنشاؤه بإستخدام مسار القائم التالي:

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Volumes>Block>By Dimensions

وهذا المسار يؤدي بدوره الى إظهار صندوق الحوار الذي يتطلب إدخال (6) إحداثيات تتضمن إحداثيات البداية والنهاية في المحاور X,Y,Z Starting and Ending X,Y,Z Coordinates في نظام الإحداثيات الفعّال Active CS. الشكل (2.33) يبين منظر مجسّم (منظر ثلاثي الأبعاد Isometric View) للموشور القائم Block الذي تم إنشاؤه بإستخدام الإحداثيات التالية:

$X_1=Y_1=Z_1=0$

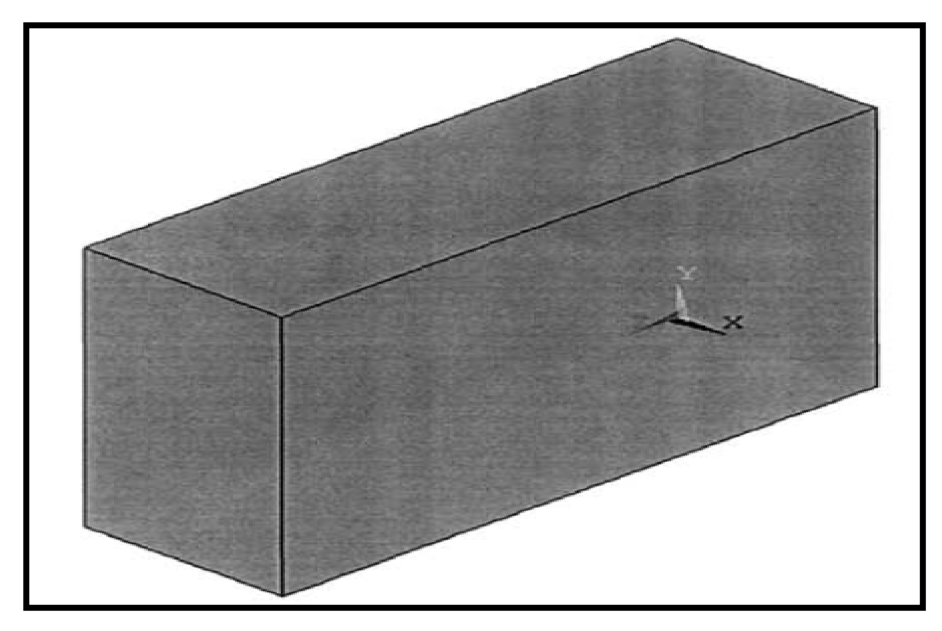
$X_2=1$

$Y_2=2$

$Z_2=3$

الشكل الإسطواني Cylinder

حيث يقوم المستخدم بإنشاء الأشكال الأسطوانية المصمتة أوالمجوفة Solid or Hollow Cylinders والتي تشمل إما المدى الزاوي بأكمله أوجزء منه. إن الأشكال الإسطوانية يتم إنشاؤها بإستخدام مسار القائمة التالي:



الشكل (2.33)

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Volumes>Cylinder>By Dimensions

ويتطلب صندوق الحوار الذي يظهر نتيجة المسار أعلاه إدخال (6) معاملات تتضمن:

1. RAD1 و RAD2 : حيث تشير الى إنصاف الأقطار الداخلية والخارجية للإسطوانة Outer and Inner Radii. فإذا كان RAD2 (نصف القطر الداخلي) غير محدد (أوأن قيمته تساوي صفراً) فإن الإسطوانة الناتجة سوف تكون مصمتة Solid وبخلاف ذلك تكون مجوفة Hollow.
2. Z1 و Z2 : إحداثيات البداية والنهاية للمحور- Z Starting and Ending Z-Coordinates.
3. THETA1 و THETA2 : تشير الى زوايا البداية والنهاية مقاسة بالدرجات Degrees. وبإستخدام نظام الإحداثيات الفعّال فإن المحور (Z) يمثل محور الدوران Rotation Axis.

الشكل (2.34) في الجانب الأيسر يبين منظر مجسّم للإسطوانة المجوّفة التي تم إنشاؤها بإستخدام البيانات التالية:

RAD1=1

RAD2=0.5

Z1=0

Z2=2

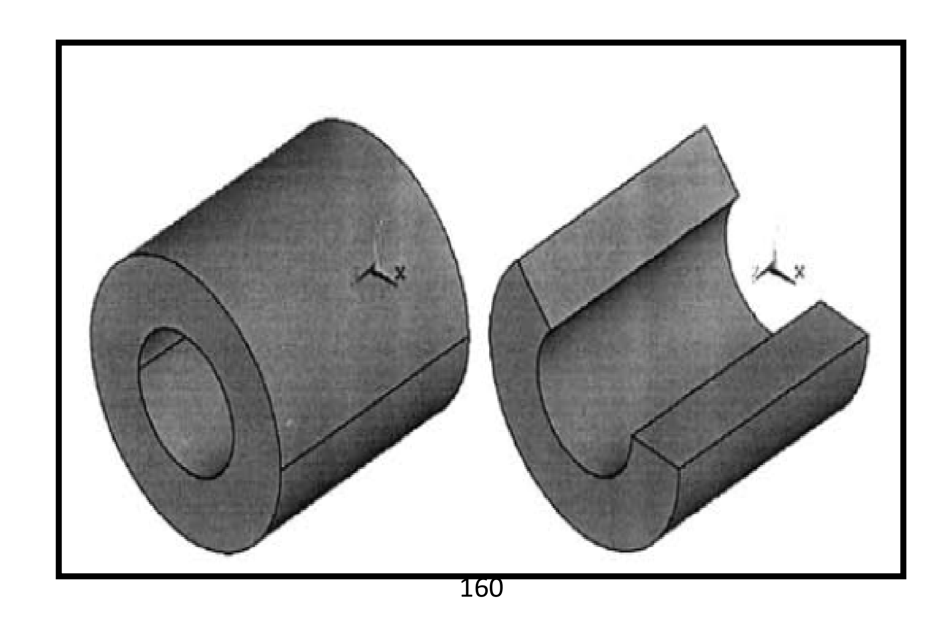
THETA1=0

THETA2=360 ^{o}

وعند تغيير قيمة المعامل THETA1 الى المقدار 135^{o} مع ثبات المعاملات الأخرى نحصل على جزء من الإسطوانة المجوّفة كما مبين في الشكل (2.34) في الجانب الأيمن.

الشكل الموشوري Prism

بإستخدام هذا الخيار يمكننا إنشاء الأشكال الموشورية المنتظمة Regular Prisms. إن الموشور المنتظم هوعبارة عن حجم يتميز بوجود مقطع عرضي ثابت للمضلّع Constant Polygon Cross Section في إتجاه المحور-Z في مستوي العمل WP.



الشكل (2.34)

أما مسار القائمة المستخدم في إنشاء الشكل الموشوري فإنه مبين في أدناه:

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Volumes>Prism>BySide Length

إن هذا المسار يؤدي الى ظهور صندوق الحوار الذي يطلب من المستخدم إدخال إحداثيات البداية والنهاية Starting and Ending للمحور-Z (Z1 للبداية و Z2 للنهاية) , عدد الجوانب Numbers of Sides (NSIDES) وطول كل جانب (LSIDE). إن مركز مساحة المضلّع Polygon يتطابق مع نقطة الأصل لمستوي العمل. الشكل (2.35) (الجانب الأيسر) يبين منظر مجسّم للموشور الذي تم إنشاؤه بإستخدام البيانات التالية:

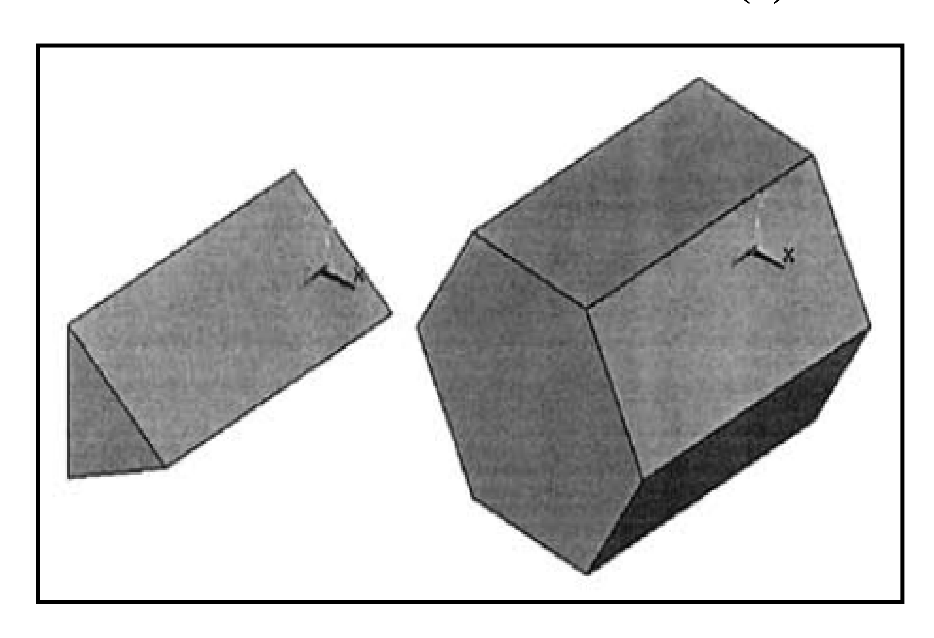
Z1=0

Z2=2

NSIDES=3

LSIDE=1

والشكل (2.35) (الجانب الأيمن) يبين الموشور بعد تغيير قيمة المعامل NSIDES الى (6).



الشكل (2.35)

الشكل الكروي Sphere

بإمكان المستخدم إنشاء الأشكال الكروية المصمتة والمجوّفة Solid and Hollow Spheres بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Volumes>Sphere>By Dimensions

حيث نلاحظ وجود (4) معاملات يتطلب إدخالها من قبل المستخدم في صندوق الحوار الذي يظهر نتيجة مسار القائمة أعلاه وهذه المعاملات تتضمن:

1. RAD1 و RAD2 : أي أنصاف الأقطار الداخلية والخارجية للكرة Outer Inner Radii. فإذا كان نصف القطر الداخلي (RAD2) غير محدداً أوأن قيمته تساوي صفراً (RAD2) فإن الكرة سوف تكون مصمتة Solid وبخلاف ذلك تكون الكرة مجوّفة Hollow.
2. THETA1 و THETA2 : زوايا البدء والنهاية مقاسة بالدرجات Starting Ending (Degrees). حيث يمثل محور- Z Z-Axis محور الدوران Rotation Axis في مستوي العمل.

الشكل (2.36) (في الجانب الأيسر) يبين منظر مجسّم Isometric View للكرة المصمتة Solid Sphere التي تم إنشاؤها بإستخدام البيانات التالية:

RAD1=1

RAD2=0

THETA1=0

THETA2=360^o

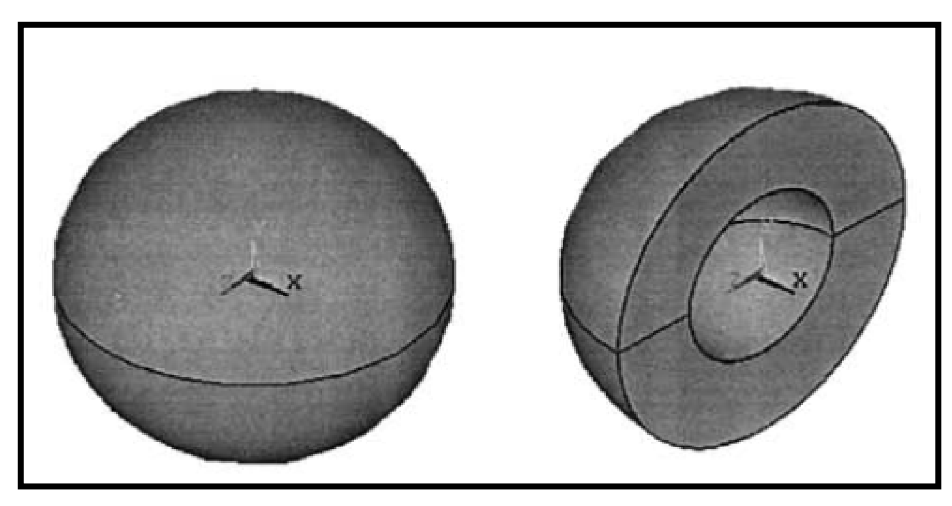
أما جزء الكرة المجوّف Partial Hollow Sphere فإنه مبين في الشكل (2.36) (الجانب الأيمن) حيث تم إنشاؤه بواسطة إستخدام البيانات التالية:

RAD1=1

RAD2=0

THETA1=90

THETA2=270^{o}



الشكل (2.36)

الشكل المخروطي Cone

يمكننا إنشاء الأشكال المخروطية التامة أوالجزئية Complete or Partial Cones من خلال هذا الخيار بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

MainMenu>Preprocessor>Modeling>Create>Volumes>Cones>By Dimensions

في صندوق الحوار الذي يظهر نتيجة مسار القائمة أعلاه نلاحظ وجود (6) معاملات يتطلب إدخالها من قبل المستخدم تتضمن:

1. RBOT و RTOP : وهي تشير الى أنصاف الأقطار السفلية والعلوية للمخروط Bottom and Top Radii of Cone. وعندما يكون RTOP غير محدداً أوأن قيمته تساوي صفراً (RTOP=zero) يتم إنشاء المخروط التام Complete Cone أما إذا RTOP محدداً بقيمة معينة (لايساوي صفراً) فإن الحجم الناتج يكون عبارة عن مقطع مخروطي Conical Section يتميز بوجود جوانب سفلية وعلوية متوازية Parallel Top & Bottom Sides.
2. Z1 و Z2: تشير الى إحداثيات البداية والنهاية للمحور- Z Starting & Ending Z-Coordinates.
3. THETA1 وTHETA2: تشير الى زوايا البدء والنهاية Starting & Ending Angles مقاسة بالدرجات Degrees حيث أن محور- Z في مستوي العمل يمثل محور الدوران. وهي تستخدم لإنشاءالمقاطع المخروطية Conical Section.

الشكل (2.37) (الجانب الأيسر) يبين منظر مجسّم لمخروط تم إنشاؤه بإستخدام البيانات التالية:

RBOT=1

RTOP=0

Z1=0

Z2=3

THETA1=0

THETA2=360^o

أما المقطع الجزئي للمخروط Partial Conical Section المبين في الشكل(2.37)(الجانب الأيمن) فإنه تم إنشاؤه بإستخدام البيانات التالية:

RBOT=1

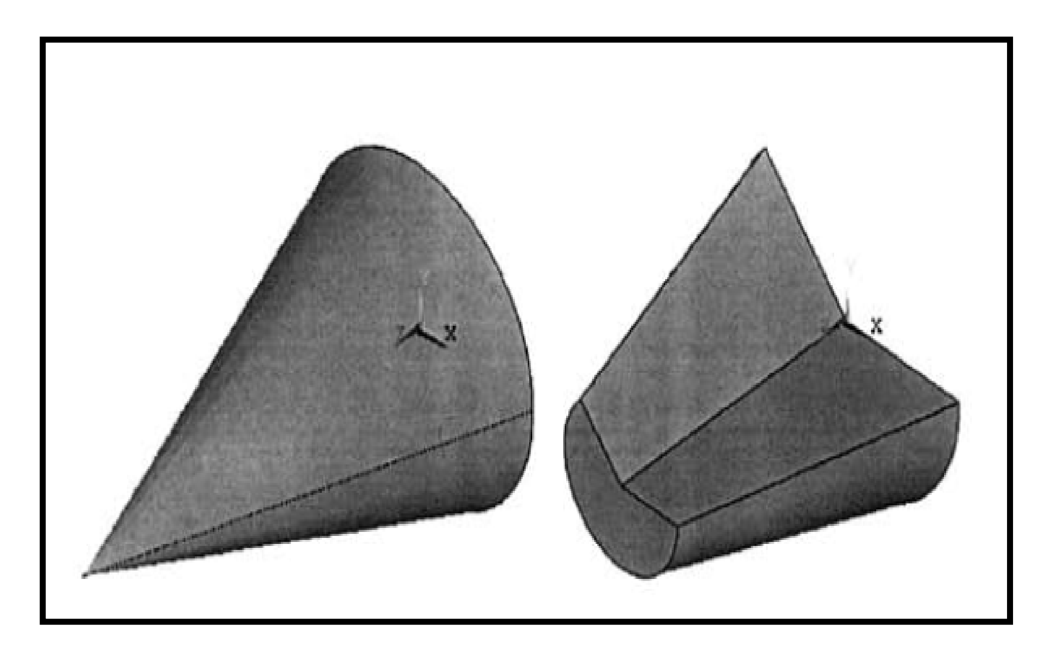
RTOP=0.5

Z1=0

Z2=2

THETA1=135^o

THETA2=360^o



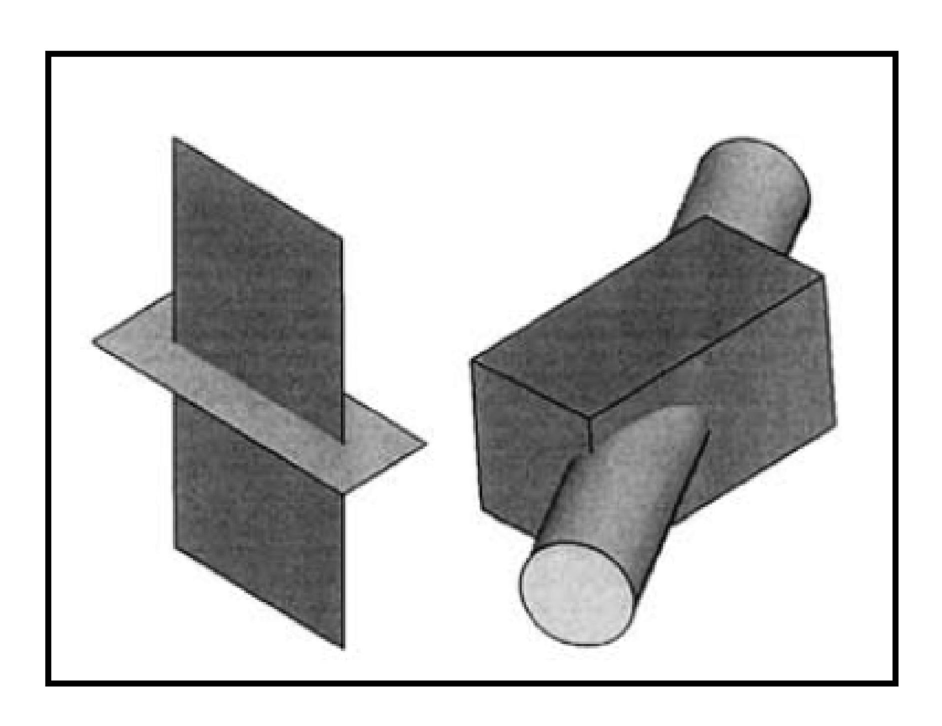
الشكل (2.37)

4.4 العمليات المنطقية Boolean Operations

إن العديد من المسائل الهندسية تتميز بالشكل الهندسي المعقد Complex Geometry وهذا ربما يعقد من مهمة توليد النموذج. وعليه, فإن كائنات النموذج الصلب Solid Model Entities قد تخضع الى بعض العمليات التي تجعل مهمة توليد النموذج أكثر سهولة. وتسمى هذه العمليات بالعمليات المنطقية Boolean Operations وهي على سبيل المثال الإضافة (الجمع) Add , الطرح Subtract, التقسيم Dividing...الخ. إن العمليات المنطقية يتم عادة تطبيقها لتوليد الكائنات الأكثر تعقيداً بإستخدام الكائنات البسيطة Simple Entities كما مبين في الشكل (2.28).

إن العمليات المنطقية تتضمن:

1. الإضافة (الجمع) Adding.
2. الطرح Subtracting.
3. التداخل (التراكب) Overlap.
4. الإلصاق Gluing.
5. التقسيم Dividing.



الشكل (2.38)

2.4.1 الإضافة (الجمع) Adding

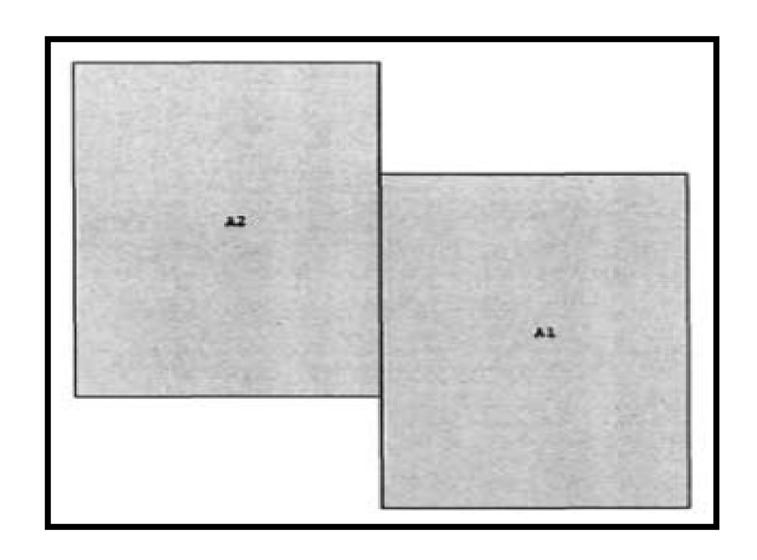
حيث أن المساحات المراد جمعها يجب أن تكون في مستوى واحد Co-planar (أي يجب أن تقع في نفس المستوى). وكما مبين في الشكل (2.39) فإن المساحات Areas (أوالحجوم Volumes) يجب أن يكون لها حد مشترك Common Boundary أومنطقة متداخلة Overlapping Region. إن المساحات أوالحجوم الأصلية Original Areas or Volumes التي تجمع سوف تحذف مالم تخضع للمعالجة من قبل المستخدم. إن جمع المساحات أوالحجوم يؤدي عادة الى الحصول على

كائن واحد جديد Single Entity (ربما يكون شكل هندسي معقد) كما مبين في الشكل (2.40). ويمكننا إجراء عملية الإضافة أوالجمع للكائنات بإستخدام المسارات التالية:

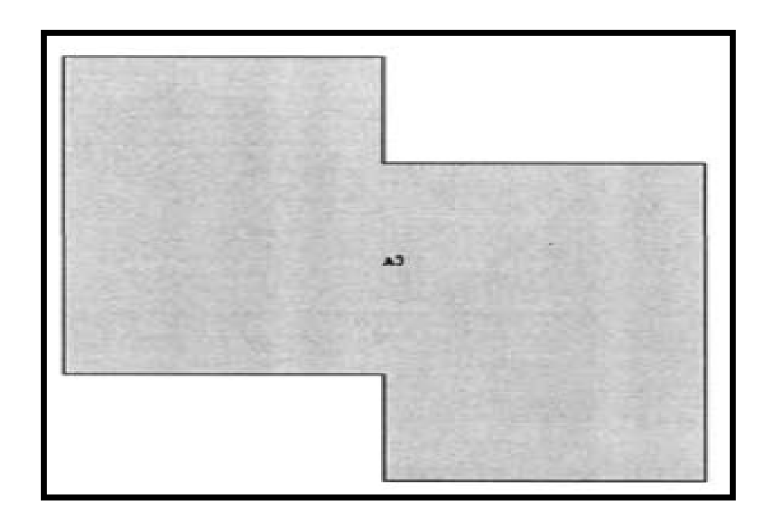
Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Add>Lines

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Add>Areas

Main Menu>Preprocessor> Modeling>Operate> Add> Volumes



الشكل (2.39)



الشكل (2.40)

2.4.2 الطرح Subtracting

إن الكائنات يمكن أن تطرح إحداهما من الأخرى وذلك للحصول على كائنات جديدة. وعملية طرح الكائنات يمكن إجراؤها من خلال المسارات التالية:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Subtract>Lines

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate> Subtract > Areas

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate> Subtract > Volumes

وهذا يؤدي الى ظهور قائمة الإنتقاء Pick Menu التي تطلب من المستخدم إنتقاء أوإدخال الكائن الأساسي Base Entity الذي يخضع لعملية الطرح (أي الذي نطرح منه). وعندما يقوم المستخدم بإنتقاء الكائنات المراد طرحها, فإن النقر على الزر موافق OK يؤدي الى إتمام المهمة.

2.4.3 التداخل (التراكب) Overlap

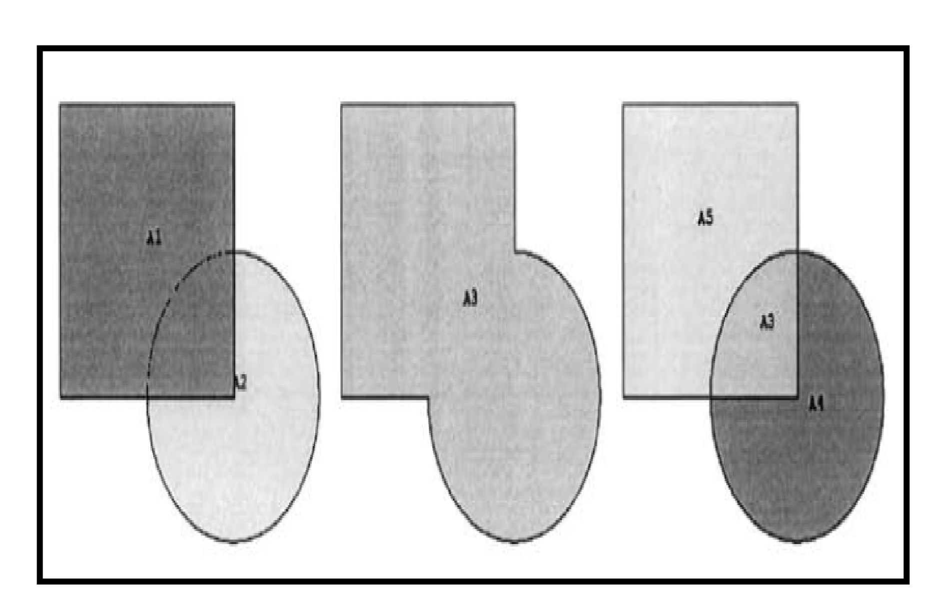
حيث تؤدي هذه العملية الى ربط كائنين أوأكثر من كائنات النموذج الصلب Solid Model وذلك لتوليد ثلاث كائنات أوأكثر مشكّلة بذلك إتحاد من المجموعة الأصلية الكاملة للكائنات كما مبين في الشكل (2.41). وهي عملية مشابهة لعملية الجمع والفرق الوحيد مابين الإثنين يكمن في الكائنات الداخلية Internal Entities التي يتم توليدها في عملية التداخل. إن هذه العملية يمكن إجراؤها من خلال المسارات التالية:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Overlap>Lines

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Overlap>Areas

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Overlap>Volumes

حيث تؤدي كل من المسارات أعلاه عادة الى ظهور قائمة الإنتقاء التي تسأل المستخدم عن الكائنات المراد تداخلها. ويؤدي إنتقاء الكائنات المطلوبة متبوعاً بالنقر على الزر موافق OK الى إتمام عملية التداخل.



الشكل (2.41)

2.4.4 الإلصاق Gluing

تستخدم هذه العملية لربط الكائنات التي تكون في حالة تماس Touching ولكن لايوجد أي إشتراك Sharing مابين الكائنات. ولايمكن إستخدام عملية الإلصاق عندما تكون الكائنات جزءاً من بعضها الآخر أوأنها تكون متداخلة Overlapping مع بعضها. إن عملية الإلصاق

لاتؤدي عادة الى الحصول على كائنات إضافية بنفس البعدية Dimensionality بل تؤدي الى إنشاء كائنات جديدة لها بعدية أقل بواحد مقارنة مع الحالة الأصلية. ويمكن إجراء هذه العملية من خلال المسارات التالية:

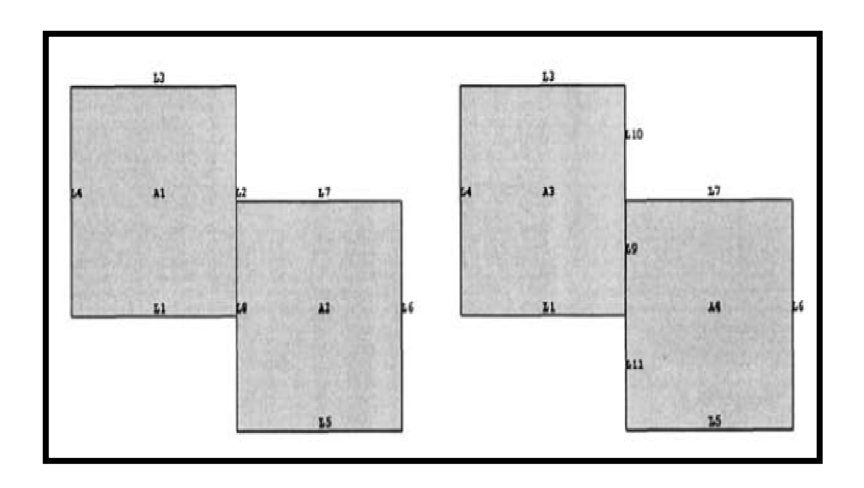
Main Menu>Preprocessor>Modeling>Glue>Overlap>Lines

Main Menu>Preprocessor>Modeling> Glue > Overlap > Areas

Main Menu>Preprocessor>Modeling> Glue > Overlap > Volumes

وقبل البدء بعملية الإلصاق للمساحات المبية في الشكل (2.42). نلاحظ وجود خطين عند السطح الفاصل مابين المساحة (1) (Area (A1 والمساحة (2) (Area(2. وأحد هذه الخطوط متصلاً مع المساحة A1 ومعرّفاً بالنقاط الأساسية Keypoints (2) و(3) والاخرمتصلاً بالمساحة A2 ومعرفاً بالنقاط الأساسية (5) و(8). وقبل عملية الإلصاق لهذه المساحتين لايوجد أي أي إشتراك مابينها لأنها لاتشترك باي كائنات مع بعضها الآخر وعملية الإلصاق تؤدي الى عملية الإشتراك مابينها. وبعد عملية الإلصاق نلاحظ وجود خطين على طول الجانب العمودي الأيمن للمساحة A1. وخطين على طول الجانب الأيسر للمساحة A2. إن الخطوط التي تقع على طول الجانب العمودي الأيمن للمساحة A1 تعرّف بالنقاط الأساسية (3) و(8) والنقاط الأساسية (8) و(2) بينما الخط الموجود على

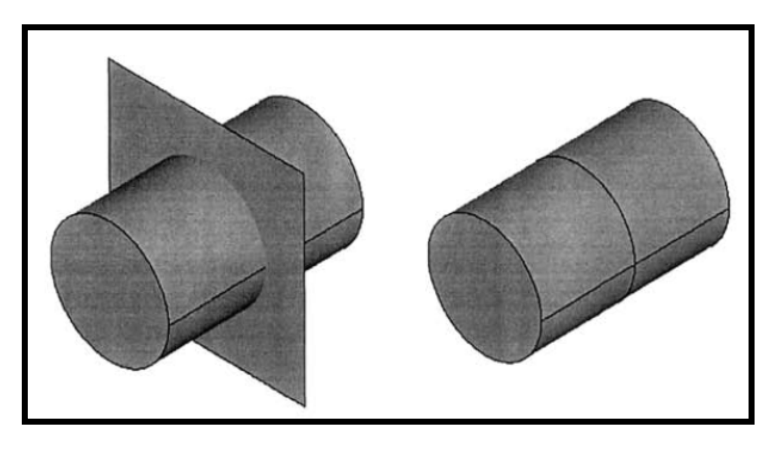
طول الجانب العمودي الأيسر للمساحة A2 يعرّف بالنقاط الأساسية (2) و(8) والنقاط الأساسية (5) و(2). وبعد عملية الإلصاق تشترك هذه المساحات (A1 و A2) بخط واحد أي الخط (9) Line 9 ونقطتين أساسيتين.



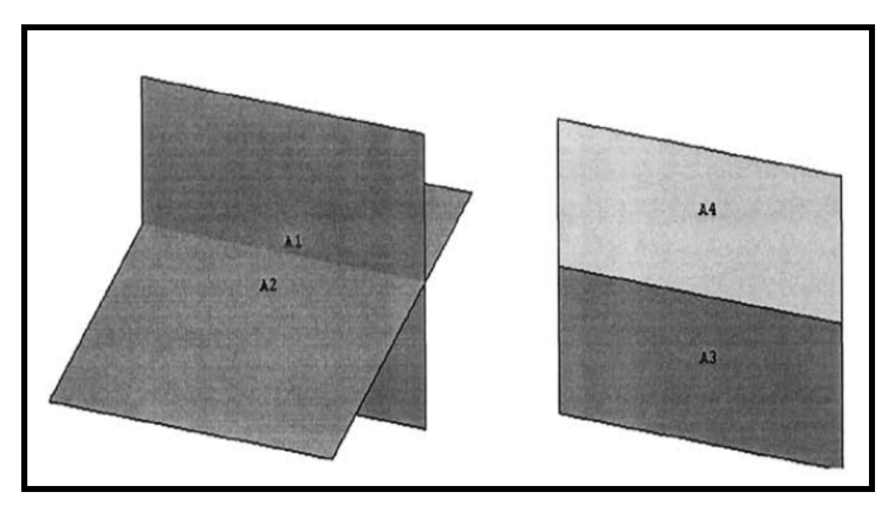
الشكل (2.42)

2.4.5 التقسيم Dividing

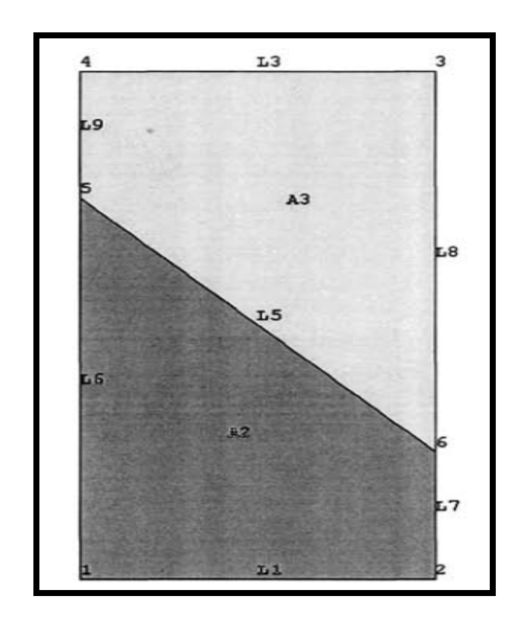
يمكن تقسيم كائن النموذج الصلب الى أجزاء صغيرة بإستخدام كائنات النموذج الصلب الأخرى. وفي الحالة الإفتراضية, يحذف كائن النموذج الصلب المقسّم Divided Solid Model Entity بعد عملية التقسيم. وهناك مدى واسع من الخيارات المستخدمة في هذه العملية. بعض هذه الخيارات مبينة في الأشكال (2.43-2.46).



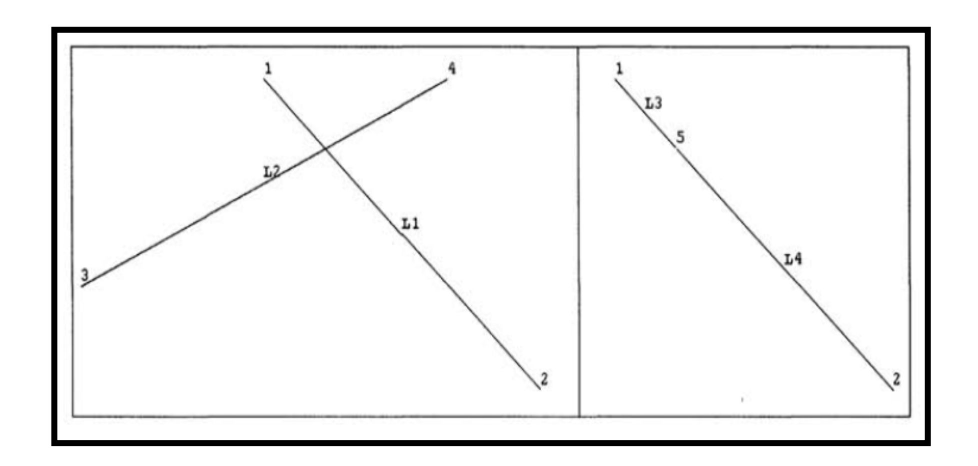
الشكل (2.43)



الشكل (2.44)



الشكل (2.45)



الشكل (2.46)

ويمكن إجراء هذه العمليات بإستخدام الخيارات التالية:

1. حجم بواسطة مساحة Volume By Area كما مبين في الشكل (2.43).

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate> Divide> Volume By Area

2. مساحة بواسطة حجم Area By Volume

Main Menu>Preprocessor> Modeling>Operate> Divide>Area By Volume

3. مساحة بواسطة مساحة Area By Area كما مبين في الشكل (2.44).

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Divide>Area By Area

4. مساحة بواسطة خط Area By Line كما مبين في الشكل (2.45).

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Divide>Area By Line

5. خط بواسطة حجم Line By Volume

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Divide>Line By Volume

6. خط بواسطة مساحة Line By Area

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Divide>Line By Area

7. خط بواسطة خط Line By Line كما مبين في الشكل (2.46)

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Divide>Line By Line

2.5 العمليات الإضافية Additional Operations

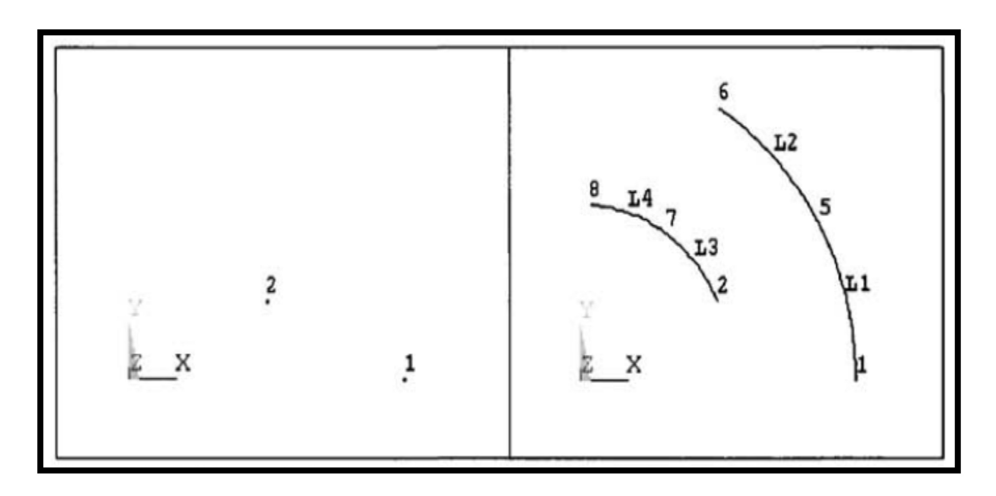
بالإضافة الى العمليات المنطقية هناك العديد من العمليات الإضافية تتضمن:

1. السحب والتدوير Extrusion and Sweeping.
2. التحريك والنسخ Moving and Copying.
3. حفظ/حذف الكائنات الأصلية Keeping/Deleting Original Entities.
4. إدراج الكائنات Listing Entities.
5. حذف الكائنات Deleting Entities.

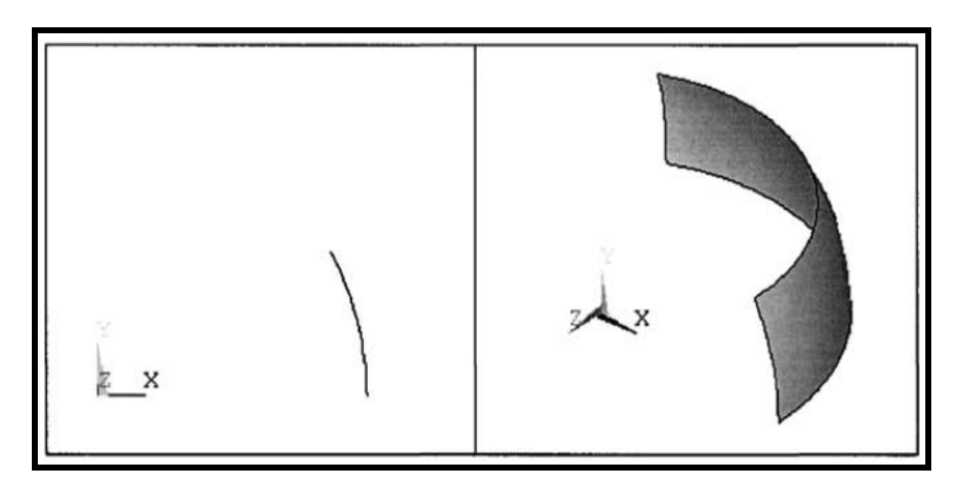
2.5.1 السحب والتدوير Extrusion and Sweeping

بالإضافة الى العمليات المنطقية فإن كل من عملية السحب والتدوير للكائنات الموجودة يمكن إستخدامهما لتوليد الكائنات العالية الرتبة Higher Entities. وبإستخدام عملية السحب للكائن أوالتدوير حول محوره يمكننا إنشاء كائن النموذج الصلب الجديد الذي له رتبة أعلى من رتبة كائن

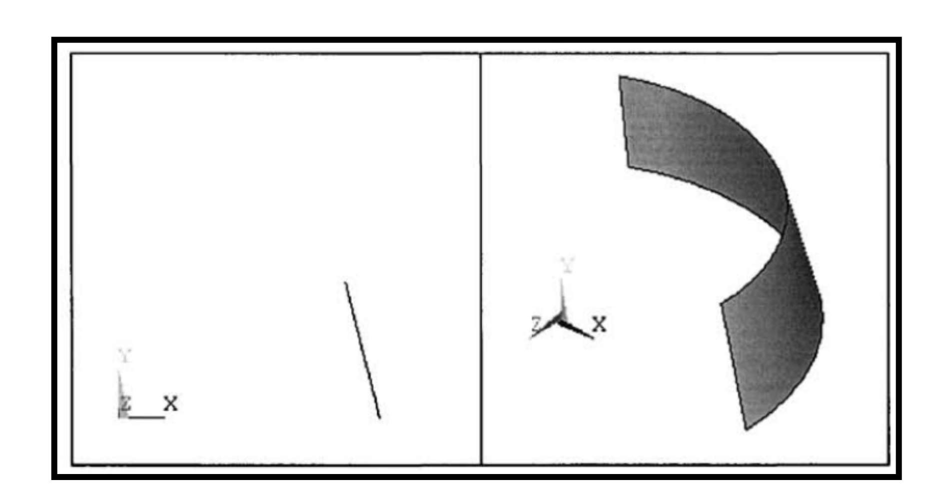
النموذج الأصلي Original Entity بمقدار واحد (على سبيل المثال,
إنشاء الخطوط Lines من النقاط الأساسية Keypoints والحجوم
Volume من المساحات Areas). إن عملية السحب تعتبر عملية فرعية
من عملية التدوير حيث يتم سحب المساحات على طول الخطوط وذلك
لإنشاء الحجوم. إن العوامل المستخدمة بشكل شائع في عمليات السحب
والتدوير مبينة في الأشكال (2.54-2.47).



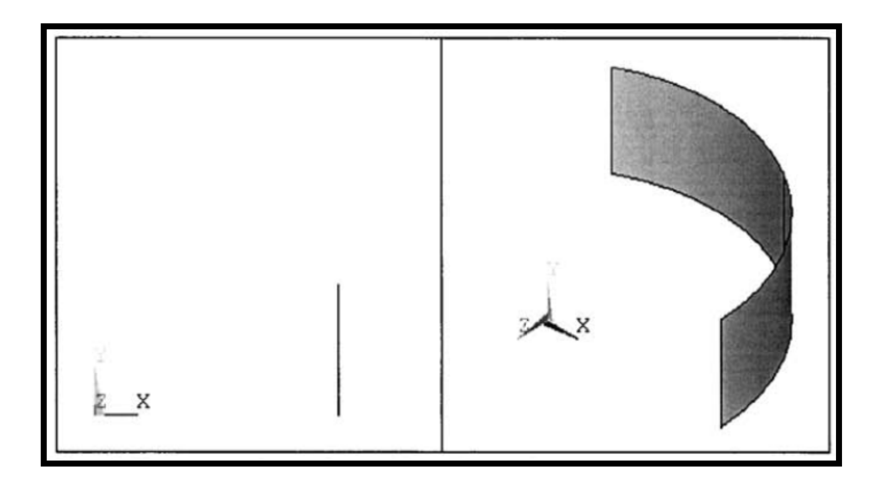
الشكل (2.47)



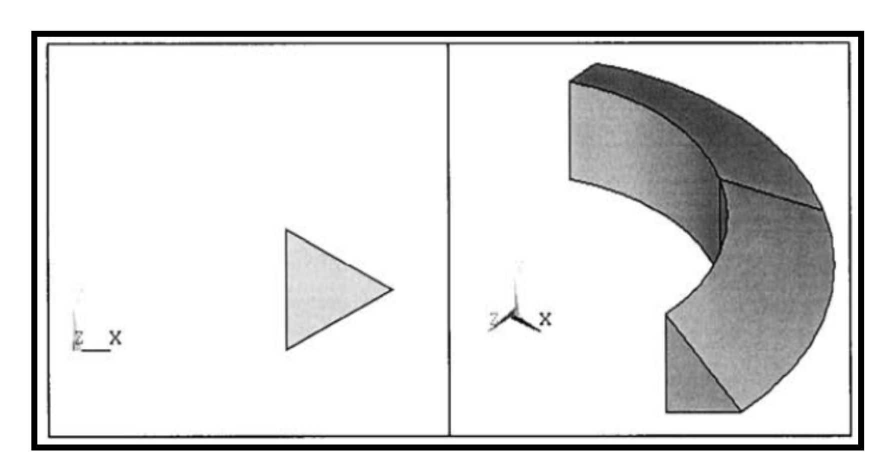
الشكل (2.48



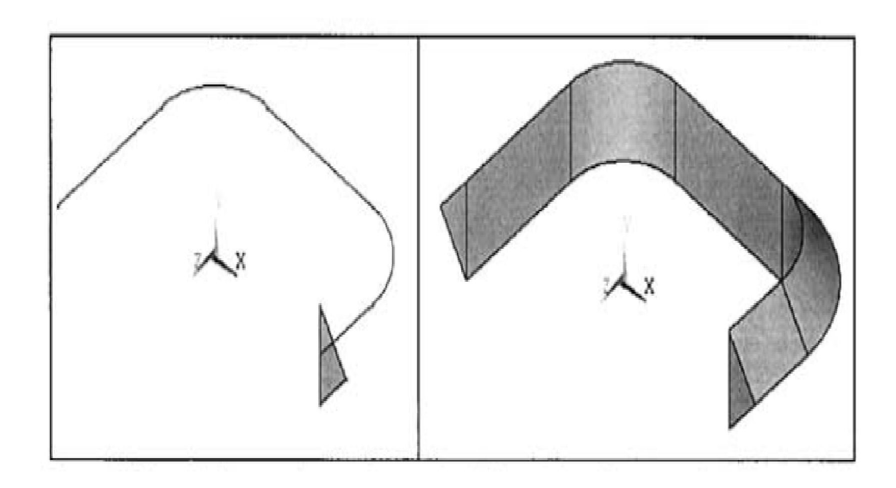
الشكل (2.49)



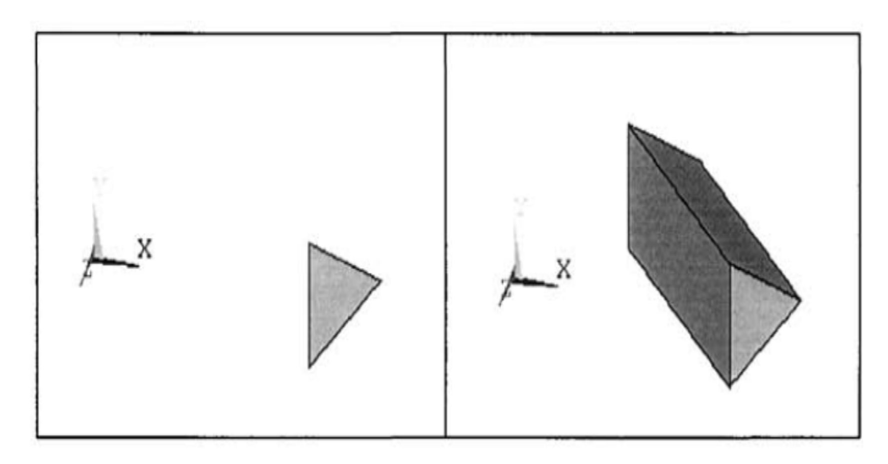
الشكل (2.50)



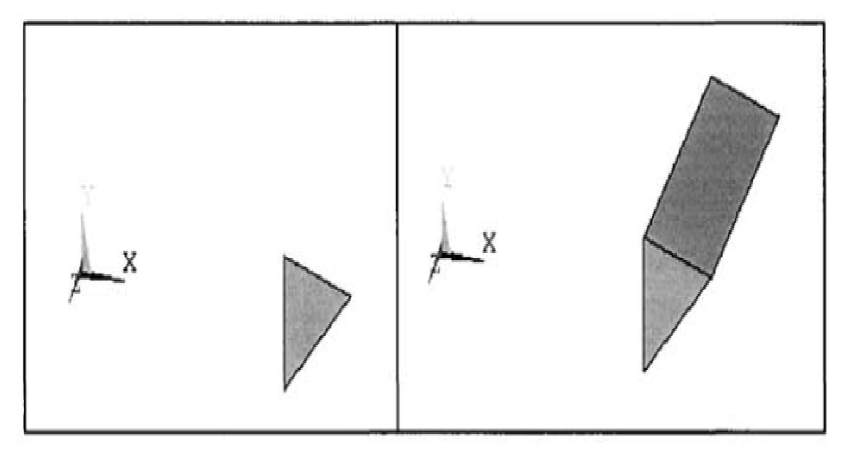
الشكل (2.51)



الشكل (2.52)



الشكل (2.53)



الشكل (2.54)

المسارات التالية تستخدم عادة لإنجاز عمليات السحب والتدوير:

1. إنشاء الخطوط بواسطة تدوير النقطة الأساسية حول المحور Creating Lines by Rotating a Keypoints Along an Axis كما مبين في الشكل (2.47) حيث يتم من خلال المسار التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Extrude/Sweep>-Keypoints-About Axis

2. إنشاء الخطوط بواسطة تدوير النقطة الأساسية على طول المسار Creating Lines by Sweeping a Keypoint Along a Path بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Extrude/Sweep>-Keypoints-Along Lines

3. إنشاء المساحات بواسطة تدوير الخطوط حول المحور Creating Areas by Rotating Lines About an Axis كما مبين في الأشكال (2.48-2.50) بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main
Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Extrude/Sweep>-Lines-About Axis

4. إنشاء المساحات بواسطة تدوير الخطوط على طول المسار
Creating Areas by Sweeping Lines Along a Path
بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main
Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Extrude/Sweep>-Lines-Along Lines

5. إنشاء الحجوم بواسطة تدوير المساحات حول المحور
Creating Volumes by Rotating Areas About an Axis كما مبين في الشكل (2.51) بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main
Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Extrude/Sweep>-Areas-About Axis

6. إنشاء الحجوم بواسطة تدوير المساحات حول المسار
Creating Volumes by Sweeping Areas Along a Path كما مبين في الشكل (2.52) بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main
Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Extrude/Sweep>-Areas-Along Axis

7. إنشاء الحجوم بواسطة سحب المساحات Creating Volumes by Extruding Areas كما مبين في الشكل (2.53) بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main
Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Extrude/Sweep>-Areas-Along Normal

8. إنشاء الحجوم بواسطة إزاحة المساحات Creating Volumes by Offsetting Areas كما مبين في الشكل (2.54) بإستخدام المسار التالي:

Main
Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Extrude/Sweep>-Areas-By XYZ Offset

2.5.2 التحريك والنسخ Moving and Copying

يمكن تحريك أونسخ الكائنات التي يتم إنشاؤها بشكل مسبق. وعند وجود التماثل (التناظر) المتكرر Repeated Symmetry أوالتماثل المتخالف (المنحرف) Skew Symmetry في الشكل الهندسي المطلوب فإنه بإمكان المستخدم إنشاء الكائن النموذجي وذلك لإنشاء الشكل الهندسي

المطلوب بواسطة نسخه الى الموقع الجديد. والتطبيقات النموذجية مبينة في الأشكال (2.57-2.55). والمسارات الشائعة المستخدمة في تحريك Moving مبينة في أدناه:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Move/Modify>-Keypoints-Single KP

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Move/Modify>Lines

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Move/Modify>-Areas-Areas

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Move/Modify>Volumes

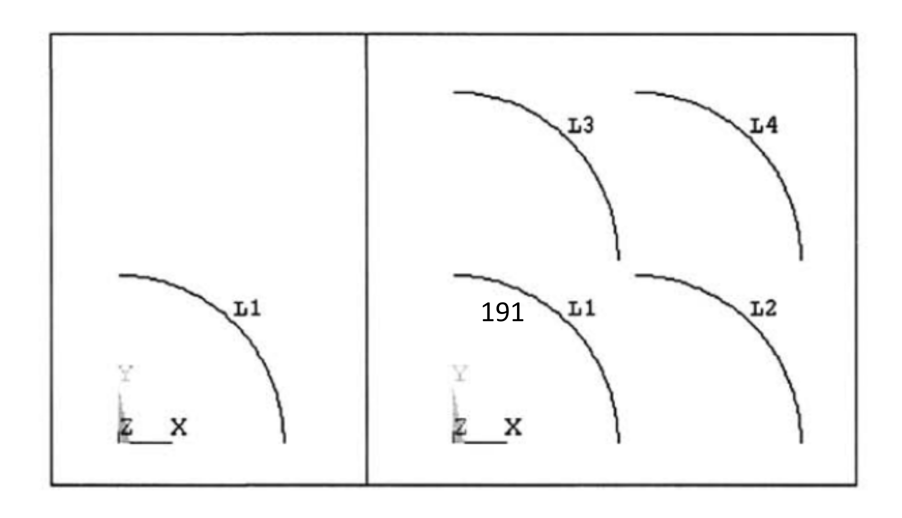
أما المسارات المستخدمة في عمليات النسخ Copying فهي كمايلي:

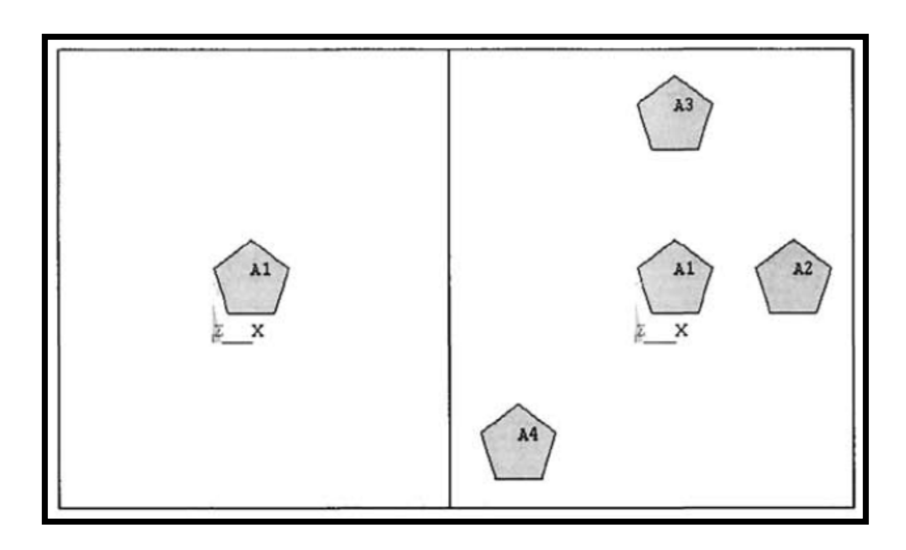
Main Menu>Preprocessor>Modeling>Copy>Keypoints

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Copy>Lines

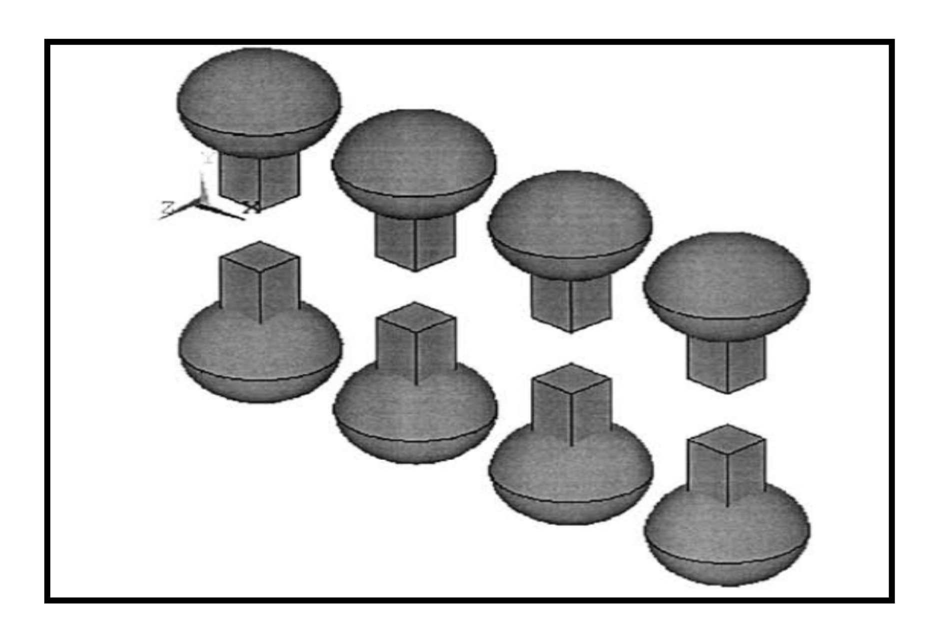
Main Menu>Preprocessor>Modeling>Copy>Areas

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Copy>Volumes





الشكل (2.56



الشكل (2.57

2.5.3 حفظ/حذف الكائنات الأصلية Keeping/Deleting Original

خلال أداء العمليات المنطقية هناك كائنات تسمى كائنات الإدخال Input Entities مثل المساحات الأصلية المراد جمعها , أوتقسيم الخط بواسطة الحجم Dividing a Line with a Volume أي الخط الأصلي Original Line والحجم الأصلي Original Volume. وهناك كائنات تسمى كائنات الإخراج Output Entities أي الكائنات الناتجة من كائنات الأدخال. وفي الحالة الإفتراضية, يقوم برنامج Ansys بحذف كائنات الإدخال ويحتفظ بكائنات الإخراج. وعلى الرغم من ذلك, بإمكاننا الإحتفاظ بكائنات الإدخال من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Settings

وهذا المسار يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار يطلب من المستخدم تحديد بعض الإعدادات settings. حيث أن خيار الإعداد الأول سوف يحدّد فيما إذا كانت كائنات الأدخال سوف تحفظ Keep أوتحذف Delete. فالإجابة بنعم Yes يقوم بالإيعاز الى برنامج Ansys بحفظ كائنات الإدخال وبخلاف ذلك يقوم بحذفها.

2.5.4 إدراج الكائنات (التدوين في قوائم) Listing Entities

في أغلب الأحيان يعتبر الرسم Plotting إسلوب فعّال لتفحّص النموذج بصورة سريعة. ومع ذلك , فهناك العديد من الأخطاء الغير متوقعة أوأن النموذج ليس بالصورة المطلوبة التي يريدها المستخدم وهنا من الصعب تحديد أين يقع الخطأ. وفي مثل هذه الحالات بإمكان المستخدم أن

يقوم بتفحّص النموذج بدقة أكثر بواسطة إدراج الكائنات Listing Entities في قوائم. حيث يزودنا برنامج Ansys بخيارات عديدة لإدراج كائنات النموذج الصلب وبالمعلومات المفصّلة. وأن جميع هذه القوائم يتم عرضها عادة في نافذة جديدة بحيث يمكن للمستخدم أن يقوم بحفظها في قرص أوطباعتها على الورق حيث تخزن الكائنات مع أرقامها الدليلية في ترتيب تصاعدي. ويمكن الحصول على قوائم كائنات النموذج الصلب بواسطة المسارات التالية:

Utility Menu>List>Keypoints>Coordinates only

Utility Menu>List>Lines>Attributes format

Utility Menu>List>Areas

Utility Menu>List>Volumes

2.5.5 حذف الكائنات Deleting Entities

خلال مرحلة النمذجة الصلبة Solid Modeling من الشائع جداً أن يقوم المستخدم بإنشاء كائنات النموذج الصلب الغير مطلوبة. إن هذه الكائنات الإضافية ربما تؤدي الى الإلتباس أوتؤدي الى حدوث الأخطاء الكبيرة. ولغرض خفض إحتمالية حدوث هذه الحالات فإن المستخدم يجب أن يقوم بتنظيف Clean-up النموذج بواسطة حذف هذه الكائنات. إن تسلسل (ترتيب) Hierarchy كائنات النموذج الصلب يكون مهم جداً من حيث أن الكائن أو(الكائنات) يجب أن لاتستخدم لتعريف أي من كائنات الرتبة العالية High Order Entities حتى يتم حذفها بسهولة لأنه لايمكن حذف الكائن المنخفض الرتبة مالم يتم حذف الكائن العالي الرتبة. على سبيل المثال, وجود المساحة يعني وجود الخطوط والنقاط الأساسية

المرتبطة بتلك المساحة ولايمكننا حذف أي من هذه الخطوط طالما هناك مساحة. وعليه, يجب حذف المساحة أولاً ومن ثم يمكننا حذف الكائنات المنخفضة الرتبة Lower-Order Entities. وبشكل مشابه لايمكن حذف النقاط الأساسية (KP) طالما يكون الخط موجوداً. ويمكن حذفها فقط بعد حذف الخط الذي ترتبط به. **إن كائنات النموذج الصلب يمكن حذفها بإستخدام الأساليب التالية:**

1. حذف الكائن من دون حذف الكائنات المنخفضة الرتبة المرتبطة بذلك الكائن.
2. حذف الكائن وجميع الكائنات المنخفضة الرتبة المرتبطة به. وفي هذه الحالة إذا كان بعض الكائنات المنخفضة الرتبة مرتبطة مع كائنات أخرى فإنها سوف لن تحذف.

والمسارات التالية تستخدم عادة لتفيذ الأساليب أعلاه:

1. لحذف الكائنات فقط To Delete Entities Only :

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Keypoints

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Lines Only

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Areas Only

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Volumes Only

2. لحذف الكائنات وما دونها To Delete Entities and Below

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Lines and Below

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Areas and Below

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Volumes and Below

2.6 عرض النموذج Viewing a Model

يزودنا برنامج Ansys بخدمة برمجية فعّالة في عرض كائنات النموذج الصلب , العقد Nodes , العناصر Elements , خواص المادة Material Properties, قيود الحد Boundary Constraints , الأحمال Loads , والنتائج Results. أما بالنسبة للخدمة البرمجية المرتبطة بالرسومات فيمكن الوصول من خلال القوائم الفرعية Submenus التالية التي تقع ضمن قائمة الخدمات المساعدة Utility Menu :

1. قائمة الرسم Plot Menu.
2. قائمة أدوات التحكم بالرسم Plot Ctrls (Plot Controls).

إن جميع الكائنات يمكن إظهارها وعرضها من خلال قائمة الرسم الفرعية Plot Submenu. أما بالنسبة لقائمة أدوات التحكم بالرسم الفرعية فهي كما يدلّ عليها إسمها تزودنا بالعديد من الخيارات التي تستخدم في الأغراض المختلفة للخدمة الرسومية العالية المستوى مثل عرض الأرقام المرتبطة بالكائنات (ترقيم الكائنات) , رسم الكائنات بألوان مختلفة , ضبط نقطة المعاينة Viewpoint Adjustment , وضبط زاوية العرض Viewing Angle Adjustment. وهنا سوف يتم مناقشة الأدوات

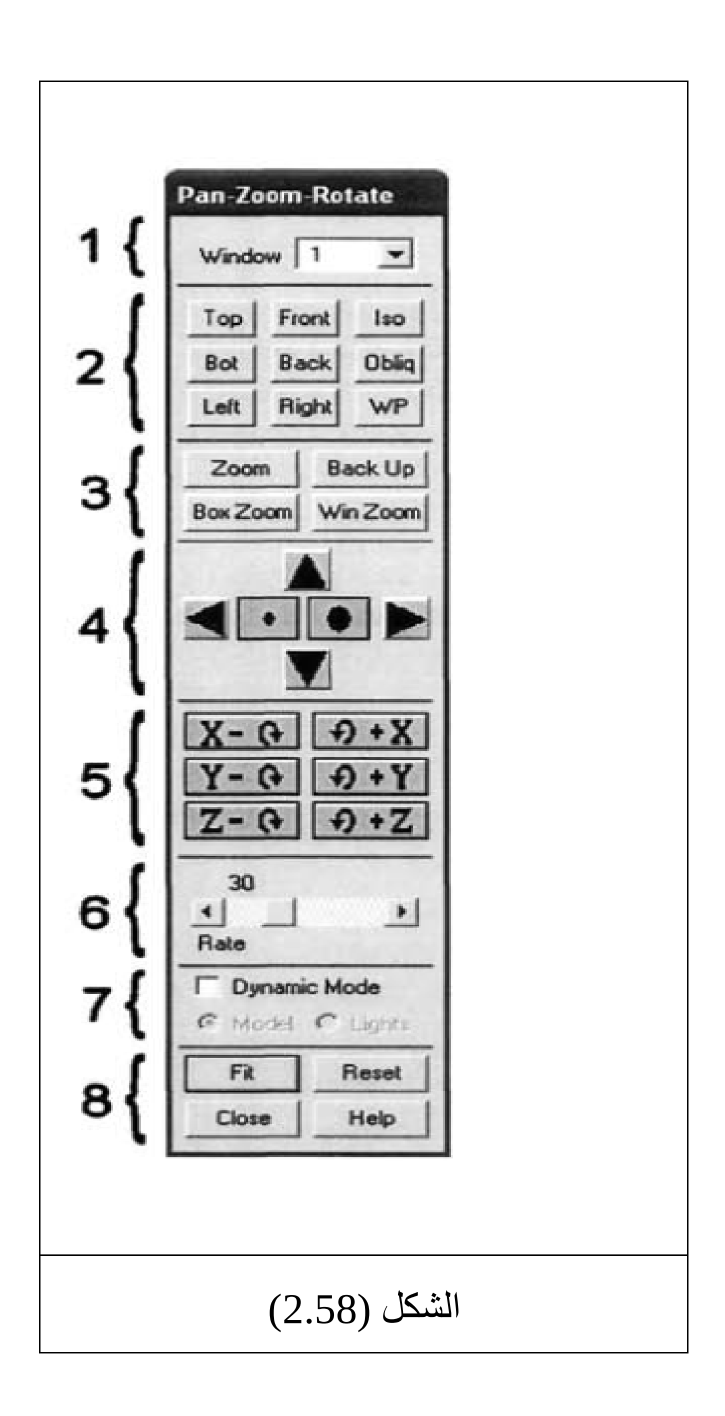
المستخدمة بشكل شائع فقط وبشكل موجز أما الأدوات الأخرى فسيتم التطرق إليها في التطبيقات الهندسية في فروع التحليل المختلفة.

2.6.1 الرسم:دوال التحريك, التحجيم (تغيير القياس), التدوير Plotting:Pan,Zoom,Rotate Functions

تعتبر أداة التحريك –التحجيم-التدوير Pan-Zoom-Rotate أداة فعّالة جداً في برنامج Ansys في معالجة العرض بواسطة التحريك أوالإنزياح Panning , تغيير القياس (تكبير/تصغير) Zooming والتدوير Rotating للنموذج. ومسار القائمة التالي يستخدم عادة لتفعيل هذه الدالة:

Utility Menu>PlotCtrls>Pan,Zoom,Rotate

حيث تظهر نتيجة المسار أعلاه نافذة التحريك-التحجيم-التدوير Pan-Zoom-Rotate Window كما مبين في الشكل (2.58).


Pan-Zoom-Rotate
1
Window
1
2
Top
Front
Iso
Bot
Back
Obliq
Left
Right
WP
3
Zoom
Back Up
Box Zoom
Win Zoom
4
5
X-
+X
Y-
+Y
Z-
+Z
6
30
Rate
7
Dynamic Mode
Model
Lights
8
Fit
Reset
Close
Help

الشكل (2.58)

ونلاحظ من الشكل أعلاه وجود (8) مجالات مختلفة في هذه النافذة تتضمن:

1. مجال النافذة الفعّالة (النشطة) Active Window Field.
2. مجال إتجاه العرض Viewing Direction Field.
3. مجال تغيير القياس Zoom Field.
4. مجال التحريك/تغيير القياس Pan/Zoom Field.
5. مجال التدوير Rotate Field.
6. مجال التحكم بالمعدل Rate Control Field.
7. مجال النمط الديناميكي Dynamic Mode Field.
8. مجال التفعيل Action Field.

مجال النافذة الفعّالة (النشطة) Active Window Field

يمكن تقسيم نافذة الرسومات Graphics Window في برنامج Ansys الى (5) نوافذ. وواحدة فقط من هذه النوافذ يمكن أن تكون فعّالة (نشطة) Active. وهذا المجال يحدّد أي من النوافذ التي تكون متأثرة بالعمليات التي يمكن إجراؤها بإستخدام نافذة التحريك-التحجيم-التدوير Pan-Zoom-Rotate Window.

مجال إتجاه العرض Viewing Direction Field

حيث أن هذه المجموعة من الأزرار تغيّر من نقطة المعاينة View Point. فالنقر على الزر نحوالأعلى Top Button سوف يؤدي الى تجديد (إعادة ظهور) Redraw النموذج Model اوالكائنات Entities في أعلى نافذة الرسومات. وفي برنامج Ansys يناظر الإتجاه العمودي Top إتجاه المحور (Y) الموجب العام Positive Global Y-Direction . وبشكل مشابه تؤدي الأزرار نحوالأمام Front ونحواليمين Right الى تجديد ظهور النموذج في الإتجاه (Z) الموجب العام والإتجاه (X) الموجب العام على التوالي. أما الأزرار Iso و Obliq فإنها تؤدي الى تجديد ظهور النموذج في النقطة التي تقع على الخط الذي يمر بنقطة الأصل Origin والنقطة (1,1,1) والخط الذي يمر بنقطة الأصل والنقطة (1,2,3) على التوالي. وأخيراً الزر WP يؤدي الى تجديد ظهور النموذج في مستوى العمل عندما يمثل إتحاه المحور (Z) الموجب الإتجاه الأمامي Front للنموذج.

مجال تغيير القياس Zoom Field

حيث يزودنا بطرق مختلفة لتغيير قياس النموذج تتضمن:

1. التحجيم Zoom.
2. صندوق تغيير القياس (التحجيم) Box Zoom.
3. الإستعادة Back Up.
4. تغيير قياس (تحجيم) النافذة WinZoom.

التحجيم Zoom

حيث أن النقر على هذا الزر بواسطة زر الفأرة الأيسر يؤدي الى إختيار مركز المنطقة المراد تغيير قياسها وبعد النقر الأول فإن تحريك مؤشر الفأرة بعيداً عن المركز سوف يؤدي الى ظهور مربع متحرك في منطقة الهدف Target-Region التي يرغب المستخدم بتكبيرها Zoom-In. وبعد أن يقرر ذلك, فإن النقر الثاني على زر الفأرة الأيسر سوف يؤدي الى تكبير المنطقة المحاطة بالخط الخارجي للمربع Square Outline.

صندوق تغيير القياس (التحجيم) Box Zoom

حيث يعمل هذا الزر بإسلوب مشابه لزر التحجيم. وهنا يقوم المستخدم بإنتقاء زوايتين للمنطقة المراد تكبيرها Zoom-In Region. وبعد إنتقاء الزاوية الأولى بواسطة النقر على زر الفأرة الأيسر فإن تحريك مؤشر الفأرة على نافذة الرسومات سوف يؤدي الى ظهور خط خارجي متحرك Moving Outline لمنطقة التكبير (المنطقة المراد تكبيرها) والنقر الثاني على زر الفأرة الأيسر سوف يؤدي الى إنتقاء الزاوية الثانية ومن ثم يقوم برنامج Ansys بتجديد ظهور (إعادة ظهور) منطقة التكبير.

الإستعادة Back Up

حيث أن النقر على هذا الزر يؤدي الى إعادة ظهور النموذج في هيئة العرض السابقة.

تغيير قياس (تحجيم) النافذة WinZoom

إن هذا الزر يعمل بشكل مشابه للزر Box Zoom يستثنى من ذلك أنه بعد إنتقاء النقطة الأولى فإن برنامج Ansys سوف يقوم بقفل Lock نسبة العرض Aspect Ratio (النسبة بين العرض والإرتفاع للصورة المعروضة على الشاشة) لمنطقة التكبير عند نفس قيم نسبة العرض للنافذة الفعّالة Active Window أي أن برنامج Ansys يؤدي الى إعادة ظهور منطقة التكبير بشكل مطابق تماماً للنافذة الفعّالة.

مجال التحريك/تغيير القياس Pan/Zoom Field

إن أزرار الأسهم Arrow Buttons تقوم بوظيفة تحريك (إزاحة) Pan النموذج في الإتجاهات المشار إليها في تلك الأزرار أما أزرار النقاط Dots Buttons فإنها تؤدي وظيفة التكبير Zoom-In أوالتصغير Zoom-Out. حيث أن النقطة الصغيرة تشير الى عملية التصغير والنقطة الكبيرة تشير الى عملية التكبير. إن شريط التحكم بالمعدل المنزلق Sliding Rate Control Bar الذي سيتم التطرق إليه في أدناه يشير الى المعدل الذي تعمل عنده دوال التحريك Pan وتغيير القياس Zoom.

مجال التدوير Rotate Field

حيث نلاحظ وجود (6) أزرار لتدوير النموذج حول إتجاهات الشاشة Screen في المحاور X,Y,Z. ويمثل مركز النافذة الفعّالة نقطة الأصل للشاشة. حيث أن إتجاه المحور- X الموجب للشاشة يبدأ من مركز النافذة الفعّالة ويمتد نحواليمين. وبنفس الطريقة , إتجاهات المحاور Y و Z

تبدأ من مركز النافذة الفعّالة وتمتد نحوالأعلى ونحوالأمام (من الشاشة) على التوالي.

مجال التحكم بالمعدل Rate Control Field

إن النقر على زر الخيار Radio Button هذا يخيّر المستخدم مابين تفعيل أوعدم تفعيل هذا الخيار للتحريك Pan والتدوير Rotate بشكل ديناميكي. فعندما يكون النمط الديناميكي Dynamic Mode فعّالاً فإن شكل مؤشر الفأرة سوف يتغيّر عندما يكون على نافذة الرسومات. إن الضغط على زر الفأرة الأيسر (من دون التحرير) والتحرك حول نافذة الرسومات يؤدي الى تحريك أوإزاحة Pan النموذج وبشكل مشابه الضغط على زر الفأرة الأيمن يؤدي الى تدوير Rotate النموذج بشكل ديناميكي.

مجال التفعيل Action Field

حيث يتضمن الأزرار التالية:

1. زر التطابق Fit Button.
2. زر إعادة الضبط Reset Button.
3. زر الإغلاق Close Button.
4. زر المساعدة Help Button.

زر التطابق Fit Button

حيث يقوم بمطابقة النموذج بأكمله في النافذة الفعّالة.

زر إعادة الضبط Reset Button

يؤدي الى إستعادة الإتجاه والحجم الإفتراضي للعرض (منظر أمامي Front View).

زر الإغلاق Close Button

حيث يؤدي الى غلق نافذة التحريك-التحجيم-التدوير Pan-Zoom-Rotate Window .

زر المساعدة Help Button

حيث يؤدي الى ظهور صفحة المساعدة الخاصة بنافذة التحريك-التحجيم-التدوير Pan-Zoom-Rotate Window.

2.6.2 رسم/إدراج الكائنات Plotting/Listing Entities

إن المسارات التالية تستخدم عادة في رسم وإدراج:

1. كائنات النموذج الصلب Solid Model Entities التي تتضمن النقاط الأساسية Keypoints , الخطوط Lines , المساحات Areas والحجوم Volumes.
2. كائنات التشبيك Mesh Entities التي تتضمن العقد Nodes والعناصر Elements.

Utility Menu>Plot>Keypoints>Keypoints

Utility Menu>Plot>Lines

Utility Menu>Plot>Areas

Utility Menu>Plot>Volumes

Utility Menu>List>Volumes

Utility Menu>Plot>Nodes

Utility Menu>List>Nodes

Utility Menu>Plot>Elements

Utility Menu>List>Elements>Nodes+Attributes

حيث تظهر الرسومات الناتجة على نافذة الرسومات ويمكن تفحصّها بإستخدام نافذة التحريك-التحجيم-التدوير Pan-Zoom-Rotate Window التي تم مناقشتها في المقطع السابق.

2.6.3 الأرقام في نافذة الرسومات

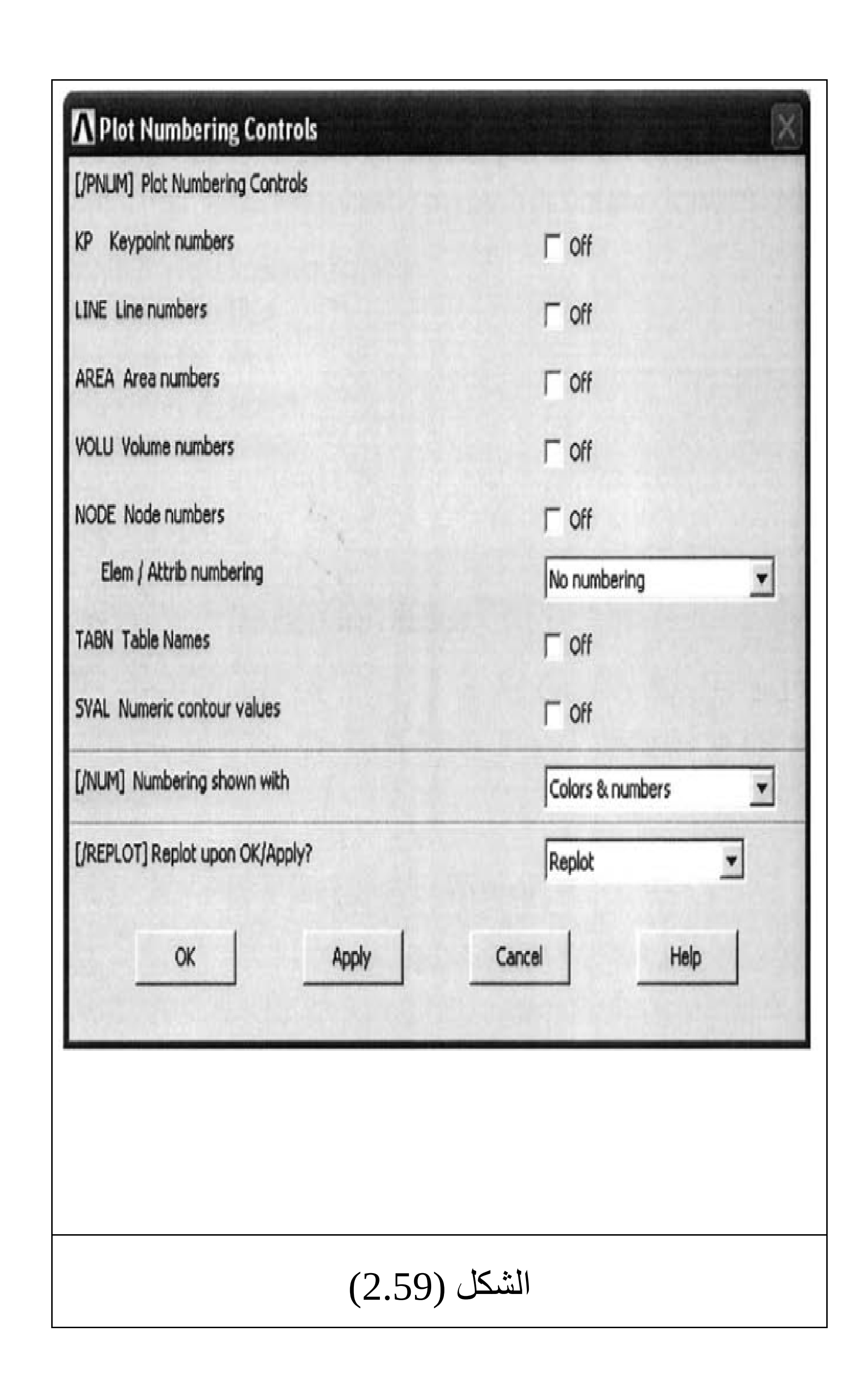
Numbers in the Graphics Window

عندما نقوم بإنشاء الكائن Entity فإن برنامج Ansys إما يطلب الرقم الدليلي Reference Number أويحدّد أقل عدد متوفر لذلك النوع من الكائن. من هنا, فإن كل كائن يختلف عن الكائنات التي تكون من جنسه (نفس نوعه) بواسطة هذا الرقم الدليلي. وعند رسم هذه الكائنات في نافذة الرسومات فإن برنامج Ansys سوف لايقوم بإظهار الرقم الدليلي للكائن في الحالة الإفتراضية. وفي أغلب الأحيان, من المهم جداً أن يرى المستخدم

هذه الأرقام ظاهرة عند رسم الكائنات. وهذا يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Utility Menu>PlotCtrls>Numbering

وهذا المسار يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار التحكم بترقيم الرسم Plot Numbering Control Dialog Box كما مبين في الشكل (2.59).


Plot Numbering Controls
[/PNUM] Plot Numbering Controls
KP Keypoint numbers
Off
LINE Line numbers
Off
AREA Area numbers
Off
VOLU Volume numbers
Off
NODE Node numbers
Off
Elem / Attrib numbering
No numbering
TABN Table Names
Off
SVAL Numeric contour values
Off
[/NUM] Numbering shown with
Colors & numbers
[/REPLOT] Replot upon OK/Apply?
Replot
OK
Apply
Cancel
Help

الشكل (2.59)

حيث يمكننا ترقيم النقاط الأساسية , الخطوط , المساحات , الحجوم, العقد والعناصر ببساطة بواسطة وضع علامة التحقق Check Mark (√) في صناديق النص المناظرة. أما ترقيم العنصر فإنه يمكن أن يتم بواسطة إستخدام القائمة المنسدلة (المنفتحة) نحوالأسفل المستخدمة في ترقيم العنصر أي قائمة Elem/Attrib numbering. وبإمكان المستخدم أن يقوم بإظهار الأرقام للصفات المميزة للعنصر Element Attributes Numbers أي نوع العنصر Element Type , الثابت الحقيقي Real Constant والمادة Material بدلاً من إظهار أرقام العنصر بإستخدام نفس الخيار. أضف الى ذلك, أن الألوان يمكن أن تحدّد لكل رقم كائن وهذا يزيد من إمكانية الوضوح والعرض. إن القائمة المنسدلة نحوالأسفل Pull-Down Menu Numbering shown with [/NUM] في صندوق الحوار تتيح للمستخدم الترقيم (مع أومن دون) تحديد اللون بالإضافة الى الرسم بإستخدام الألوان فقط (من دون الأرقام).

2.7 التشبيك Meshing

كما ذكرنا في المقطع السابق (المقطع 2.3) أن تشبيك الشكل الهندسي المطلوب يمكن توليده بشكل مباشر Direct Generation أي توليد العقد والعناصر كل على حدة. وهذا ربما يعقّد من مهمة التشبيك. وعليه, نلجأ في أغلب الأحيان الى النمذجة الصلبة التي تلعب دوراً كبيراً في مرحلة تحليل العناصر المحددة Finite Element Analysis. من هنا, الهدف الأساسي

من النمذجة الصلبة Solid Modeling هوإنشاء التشبيك للشكل الهندسي بشكل مناسب وكفوء قدر الإمكان. وحالما ينتهي المستخدم من مرحلة الحصول على النموذج الصلب Solid Model يكون مستعداً لإجراء عملية التشبيك. وبصرف النظر عن توليد أوعدم توليد النموذج الصلب فإن عملية التشبيك لايمكن إجراؤها الإ بعد تحديد نوع/أنواع العنصر Element Type(s). إن برنامج Ansys يزودنا بالعديد من الخيارات المناسة التي تساعد في إجراء عملية التشبيك وهذه تتضمن:

1. التشبيك التلقائي (أوتوماتيكي) Automatic Meshing.
2. التحجيم الذكي Smart Sizing.
3. التشبيك بالتخطيط Mapping Meshing.

وهذه الطرق سيتم مناقشتها في المقاطع التالية بشيئ من التفصيل.

2.7.1 التشبيك التلقائي Automatic Meshing

إن أحد العوامل المهمة المميزة لبرنامج Ansys هوتوليد التشبيك بشكل تلقائي (أوتوماتيكي) Automatic Mesh Genration. حيث يقوم برنامج Ansys بتشبيك كائنات النموذج الصلب بعد تنفيذ أحد الأوامر البرمجية. وبإستخدام التشبيك التلقائي فإنه بإمكان المستخدم أن يقوم ببعض التفضيلات Preferences لشكل وكثافة التشبيك Mesh Density & Shape. وعند عدم تحديد هذه التفضيلات من قبل المستخدم فإن برنامج Ansys سوف يقوم بإستخدام التفضيلات الإفتراضية Default

Preferneces. إن المسارات التالية تستخدم عادة في توليد التشبيك التلقائي بعد عملية توليد النموذج الصلب Solid Model Generation.

التشبيك بإستخدام عناصر الخط Mesh Using Line Elements

إن هذا الخيار يستخدم في حالة النماذج Models التي يتم فيها إستخدام عناصر البعد الواحد One Dimensional Elements العارضة Trusses والعتبة Beams. أي أنه يتطلب وجود الخطوط Lines. ومسار القائمة التالي يستخدم في تشبيك الخطوط Mesh Lines :

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Lines

وهذا المسار يؤدي بدوره الى ظهور قائمة الإنتقاء Pick Menu التي تطلب من المستخدم إما رقم/أرقام الخط Line Number(s) في مجال النص Text Field أوإنتقاء الخط أوالخطوط Line(s) من نافذة الرسومات. وعند إدخال (أوإنتقاء) جميع الخطوط المطلوبة فإن النقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء يؤدي الى توليد التشبيك.

التسبيك بإستخدام عناصر المساحة Mesh Using Area Element

يتم تطبيق هذا الخيار في النماذج التي يتم فيها إستخدام العناصر الثنائية الأبعاد Two Dimensional Elements حيث يتطلب وجود المساحات. ويستخدم المسار التالي في تشبيك المساحات:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Areas>Mapped>3 or 4 Sided

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Areas>Free

إن عملية التشبيك يمكن إجراؤها إما بواسطة طريقة التشبيك بالتخطيط Mapped Meshing Method أوبواسطة التشبيك الحر Free Meshing Method. فعند إختيار التشبيك الحر Free Meshing يتم إستخدام مسار القائمة الثاني المبين في أعلاه. حيث يؤدي هذا المسار الى إظهار قائمة الإنتقاء التي تطلب من المستخدم إما إدخال رقم/أرقام المساحة Area Number(s) المراد تشبيكها من خلال مجال النص أوإنتقاء المساحة/المساحات Area(s) من خلال نافذة الرسومات. وبعد إدخال (أوإنتقاء) جميع المساحات المراد تشبيكها يؤدي النقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء الى توليد التشبيك. أما بالنسبة الى طريقة التشبيك بواسطة التخطيط Mapped Meshing Method فسيتم مناقشتها في المقاطع القادمة.

التشبيك بإستخدام عناصر الحجم Mesh Using Volume Elements

يطبّق هذا الخيار عادة في النماذج التي يتم فيها إستخدام العناصر الثلاثية الأبعاد 3-D Elements حيث يتطلب وجود الحجوم. والمسار التالي يستخدم عادة في عملية التشبيك:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Volumes>Mapped >4 or 6 Sided

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Volumes>Free

وهذا يؤدي بدوره الى عرض قائمة الإنتقاء التي تطلب من المستخدم إما إدخال رقم/أرقام الحجم Volume Number(s) من خلال مجال النص أوعن طريق إنتقاء الحجم/الحجوم Volume(s) من نافذة الرسومات. وبعد إدخال (أوإنتقاء) الحجوم المراد تشبيكها فإن النقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء سوف يؤدي الى توليد التشبيك. إن برنامج Ansys يتيح عادة للمستخدم التحكم في كثافة التشبيك Mesh Dnsity في المناطق المحددة بواسطة كائنات النموذج الصلب. وأن كثافة التشبيك المناسبة يمكن تحقيقها بواسطة:

1. تعريف حجم حافة العنصر (طول العنصر) الهدف Target Element Edge Size في حدود النطاق Domain Boundaries المطلوب.
2. تعريف العدد الإفتراضي لحافات العنصر في الخطوط المحددة.
3. تعريف عدد حافات العنصر في الخطوط المحددة.
4. إستخدام التحجيم الذكي Smart Sizing.
5. إستخدام التشبيك بالتخطيط Mapped Meshing.

إن هذه الطرق سوف يتم مناقشتها بشكل مفصّل في المقاطع التالية.

2.7.1.1 تحديد كثافة التشبيك بشكل عام (شامل) Specifying Mesh Density Golbally

هناك طريقتين لتحديد كثافة التشبيك بشكل عام:

1. الطريقة الأولى First Method

تتضمن تحديد حجم حافة العنصر (طول العنصر) Element Edge Size. حيث يقوم برنامج Ansys بتوليد التشبيك بإستخدام جميع العناصر التي لها حجم حافة مقاربة قدر الإمكان للقيمة المحددة.

2. الطريقة الثانية Second Method

حيث تتضمن تحديد عدد ثابت Fixed Number للعناصر الموجودة على طول جميع الخطوط ضمن النموذج الصلب.

إن مسار القائمة التالي يستخدم عادة في تحديد كثافة التشبيك بشكل عام (شامل):

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Size Cntrls> ManualSize>Global>Size

حيث يؤدي المسار أعلاه الى فتح صندوق حوار حجم العنصر العام (الشامل) Global Element Sizes Dialog Box حيث يتضمن وجود عاملين يجب إدخالهما هما:

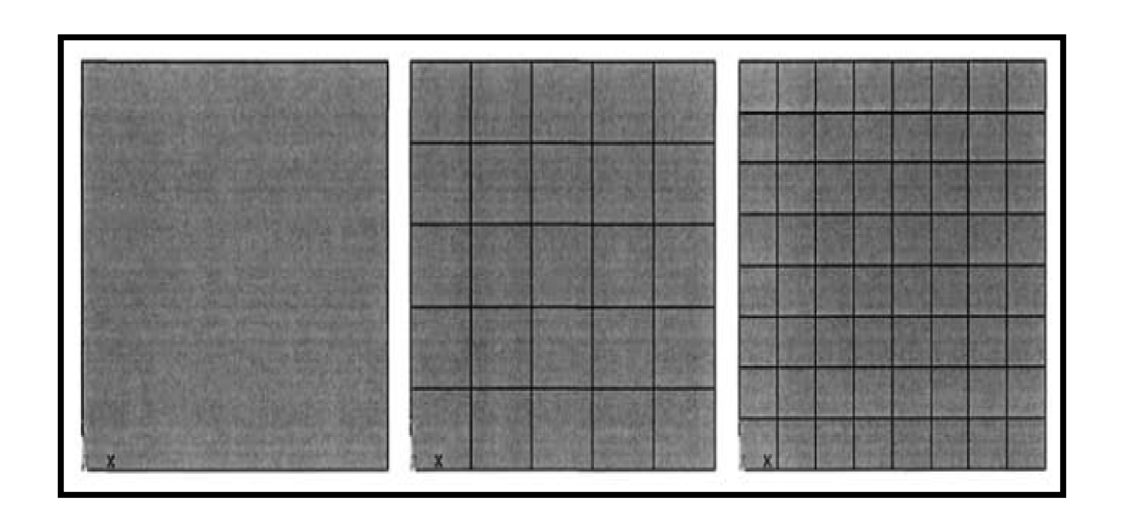
1. الحجم Size

حيث يشير الى طول حافة العنصر الهدف Target Element Edge Length أي حجم العنصر العام (الشامل) Global Element Size.

2. عدد التقسيمات NDIV

حيث يشير الى عدد العناصر الموجودة على طول الخط أي عدد تقسيمات الخط المحددة بشكل عام (شامل) Number of Line Divisions Specified Globally.

وعند تحديد العامل Size يهمل العامل NDIV. والمثال التالي يفسّر هذه المفاهيم , لوفرضنا أن لدينا مساحة مربعة Square Area طول الجوانب فيها (5) وحدات Units Sides Long (5) كما مبين في الشكل (2.60) (الشكل الموجود في الجانب الأيسر) , فإذا حددنا قيمة حجم العنصر العام (الشامل) أي طول العنصر Global Element Size بالمقدار (1) أي (Size=1) فإن التشبيك الناتج سوف يكون كما مبين في الشكل (2.60) (الشكل الموجود في الوسط) أي أن كل عنصر سوف يكون له طول أوحجم حافة Edge Size مقدارها وحدة واحدة (1Unit). أما إذا إختار المستخدم تحديد عدد العناصر على طول الخط (NDIV) بدلاً من إختيار تحديد حجم (طول) العنصر Size (أي أن العامل Size سوف يترك فارغاً Size=Zero) ويتم تحديد قيمة معينة للخيار NDIV لوفرضنا أن هذه القيمة هي (8) أي (NDIV=8) فإن نتيجة هذه العملية سوف تمثل التشبيك المبين في الشكل (2.60) (الشكل الموجود في الجانب الأيمن) أي وجود (8) عناصر على طول كل خط 8 Elements/Line.



الشكل (2.60)

إن تحديد كثافة التشبيك بشكل عام (شامل) تكون مناسبة عندما يكون الشكل الهندسي منتظماً Regular ويتميز بنسبة طول/عرض مقاربة للواحد (Aspect Ratio~1) أما عندما تكون الأشكال غير منتظمة فإن تطبيق نفس التشبيك على الخطوط التي لها أحجام مختلفة فإنها تؤدي الى تشبيك له نسبة طول/عرض عالية وهذا بدوره يؤدي الى زيادة الأخطاء. وفي مثل هذه الحالات يفضّل اللجوء الى التقنيات التي سيتم التطرق إليها في المقاطع التالية.

تحديد عدد حافات العنصر في الخطوط المحددة

Specifying Number of Element Edges on Specific Lines

عندما يكون الشكل الهندسي للمسألة غير منتظماً Irregular أي لايكون من الأشكال الأساسية مثل المثلثات Triangles والمستطيلات Rectangles فإن تحديد عدد حافات العنصر Element Edges Number على طول الخطوط المحددة يمكن أن يكون إسلوباً جيداً لتفادي مشاكل التشبيك الممكنة. إن هذه التقنية تساعد عادة في تنعيم التشبيك في المناطق التي تصبح فيها مسألة الدقة حرجة. وبشكل مشابه, هناك مناطق أخرى في الشكل الهندسي لاتكون حرجة وبالتالي حفظ التشبيك حول هذه المناطق يمكن أن يساعد في خفض الكلفة الحاسوبية Computional Cost من دون فقدان الدقة. إن عدد حافات العنصر في الخطوط المحددة يمكن أن يحدّد بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>SizeCntrls>ManualSize>Lines>Picked Lines

وهنا سوف تظهر قائمة الإنتقاء Pick Menu وذلك لإنتقاء الخط. وبعد أن يقوم المستخدم بإنتقاء الخط أوالخطوط والنقر على الزر موافق OK يظهر صندوق حوار حجوم العنصر في الخطوط المنتقاة Element Size on Picked Lines Dialog Box. إن المعامل الثاني (NDIV) يشير الى عدد العناصر التي سوف يتم تطبيقها على الخطوط التي تم إنتقاؤها. أما المعامل الثالث Space فإنه يشير الى نسبة التباعد Spacing Ratio حيث

يكون مهماً في الحالات التي نرغب فيها أن يكون التشبيك متدرجاً Mesh Graded (Biased) في إتجاه معين. إن القيمة الإفتراضية للمعامل Space هي واحد (SPACE=1) أي لايوجد تدرّج والتباعد يكون متجانساً Uniform Spacing. أما إذا كانت القيمة موجبة فإن التباعد Spacing يتدرج من أحد نهايتي الخط الى النهاية الأخرى , أما إذا كانت قيمة التباعد سالبة فإن التدرج يكون متجهاً من المركز بإتجاه النهايات. إن قيمة التباعد تشير الى نسبة حجم أكبر تقسيم الى أصغر تقسيم Largest Divisions Size/Smallest Divisions Size وهذه المفاهيم سيتم توضيحها في الأمثلة التالية.

نعود الآن الى مثال المساحة المربعة الذي تم التطرق إليه في المقاطع السابقة وهذا مبين في الشكل (2.61) (الشكل الموجود في الجانب الأيسر) مع وجود أرقام الخطوط. بإستخدام مسار القائمة أعلاه نحدّد قيم المعامل NDIV كالآتي:

1. NDIV=5 بالنسبة للخطوط 2 و4.
2. NDIV=10 بالنسبة للخطوط 1 و3.

وبعد هذه العملية سوف ترسم الخطوط مع التقسيمات المحددة كما مبين في الشكل (2.61) (الشكل الموجود في الوسط). إن تشبيك هذه المساحة يؤدي الى الحصول على النتيجة المبينة في الشكل (2.61) (الشكل الموجود في الجانب الأيمن). الآن نفس المثال, سوف يطبق, بواسطة تحديد نسب التباعد Spacing Ratios. إن الهدف من ذلك, هوالحصول على تشبيك متدرج

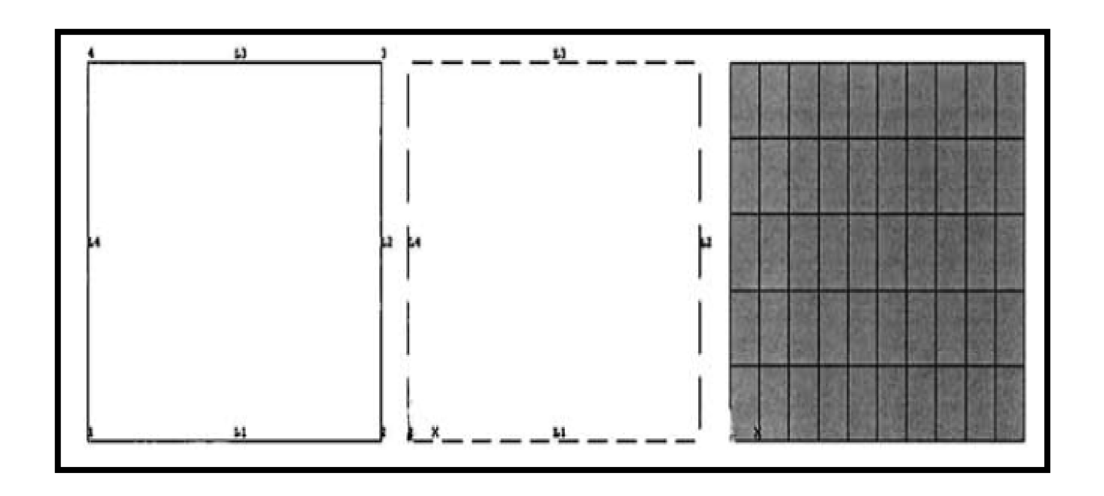
Graded Mesh يتدرج من الخشن Coarce عند المركز الى الناعم Fine عند الحافات في إتجاه المحور-X . ومن الخشن عند الأعلى Top الى الناعم عند الأسفل في إتجاه المحور- Y. وسوف يتم إستخدام نفس عدد التقسيم Division Number لجميع الخطوط ومقداره (8) (NDIV=8). وبإستخدام مسار القائمة أعلاه سوف يتم إستخدام نسب التباعد التالية:

SPACE=-4 for Line1 (L1)

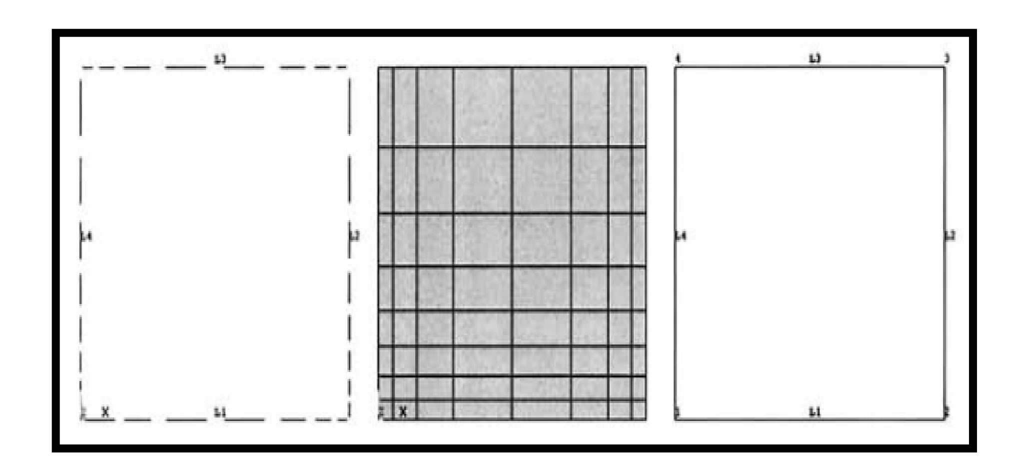
SPACE=+4 for Line2 (L2)

SPACE=-4 for Line3 (L3)

SPACE=+0.25 for Line4 (L4)



الشكل (2.61)



الشكل (2.62)

والنتيجة بعد هذه العملية مبينة في الشكل (2.62) (الشكل الموجود في الجانب الأيسر) ونتيجة التشبيك مبينة في الشكل (2.62) (الشكل الموجود في الوسط). ومن المهم جداً, معرفة سبب إختلاف قيم SPACE بالنسبة للخطوط L2 و L4 , الشكل (2.62) (الشكل الموجود في الجانب الأيمن) يبين رسم الخطوط مع أرقام النقاط الأساسية Keypoints Numbers. إن الخط L2 يعرّف من النقطة الأساسية K2 الى النقطة الأساسية K3 (من الأسفل الى الأعلى) بينما الخط L4 يعرف من النقطة الأساسية K4 الى النقطة الأساسية K1 (من الأعلى الى الأسفل). وعندما تكون قيم SPACE موجبة وأكبر من (1) فإنها سوف تعرّف نسبة طول التقسيم عند نهاية الخط الى طول التقسيم عند بداية الخط.

2.7.1.3 التحجيم الذكي Smart Sizing

يمكننا إستخدام ميزة التحجيم الذكي Smart Sizing في برنامج Ansys بدلاً من تحديد عدد تقسيمات الخط Line Divisions Number أوحجوم حافة العنصر (طول العنصر) Element Edge Sizes حيث أن كثافة التشبيك Mesh Density تحدد بشكل تراكمي Cumulative. وفي هذه الطريقة يقوم المستخدم بتحديد مستوى التنعيم Refinement Level الذي يتراوح مابين (1-10) وكلما يكون العدد أصغر كلما يكون التشبيك أكثر نعومة. ويمكن إجراء التحجيم الذكي بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>SizeCntrls>SmartSize>Basic

حيث يظهر صندوق حوار مع وجود قائمة منسدلة نحوالأسفل Pull-Down Menu نتيجة المسار أعلاه تطلب من المستخدم إختيار مستوى التنعيم. إن إختيار هذا المستوى متبوعاً بالنقر على الزر موافق OK يؤدي الى تفعيل (تنشيط) التحجيم الذكي. الآن يكون المستخدم مستعداً لتشبيك كائنات النموذج الصلب.

2.7.1.4 التشبيك بالتخطيط Mapped Meshing

الإسلوب الآخر المستخدم بشكل شائع (من قبل محترفي برنامج Ansys) هوالتشبيك بالتخطيط Mapped Meshing. إن مفهوم التشبيك بالتخطيط يكون مقبولاً (يمكن تطبيقه) فقط في حالة المسائل الثنائية

والثلاثية الأبعاد 2-D & 3-D Problems. أي لايوجد عناصر خطية (لايطبق في حالة المسائل الأحادية البعد 1-D Problems). إن كائنات النموذج الصلب (المساحات والحجوم) يتم تشبيكها بإستخدام بإستخدام هذا الخيار بواسطة عناصر المساحة الرباعية الأضلاع Quadrilateral Area Elements أوعناصر الحجوم السداسية السطوح Hexahedral (Brick) Volume Elements. إن إستخدام التشبيك بالتخطيط يكون مرغوباً فيه في أغلب الأحيان لأنه يؤدي الى الحصول على تشبيك منتظم وبالتالي يكون مقبول السلوك Well-Behaving من الناحية الحاسوبية. وجدير بالذكر, بأنه ليس كل مساحة أوحجم يمكن تشبيكها بواسطة إسلوب التشبيك بالتخطيط. حيث أن المساحات والحجوم المراد تشبيكها بإستخدام هذا الإسلوب يجب أن تكون منتظمة Regular. وهناك خاصيتين في النموذج الصلب تتحكم عادة في هذا الإنتظام تتضمن:

1. عدد الجوانب Number of Sides.

حيث تشير الى عدد الخطوط Lines بالنسبة للمساحات وعدد المساحات Areas بالنسبة الى الحجوم.

2. عدد التقسيمات في الجوانب المتقابلة Number of Divisions on Opposite Sides (عدد التقسيمات يجب أن يكون متساوياً في الجوانب المتقابلة).

وبالنسبة للمساحات فإن العدد المقبول للجوانب هو(3) أو(4). فإذا كان للمساحة (3) جوانب (أي معرّفة بثلاثة خطوط 3Lines) فإن عدد

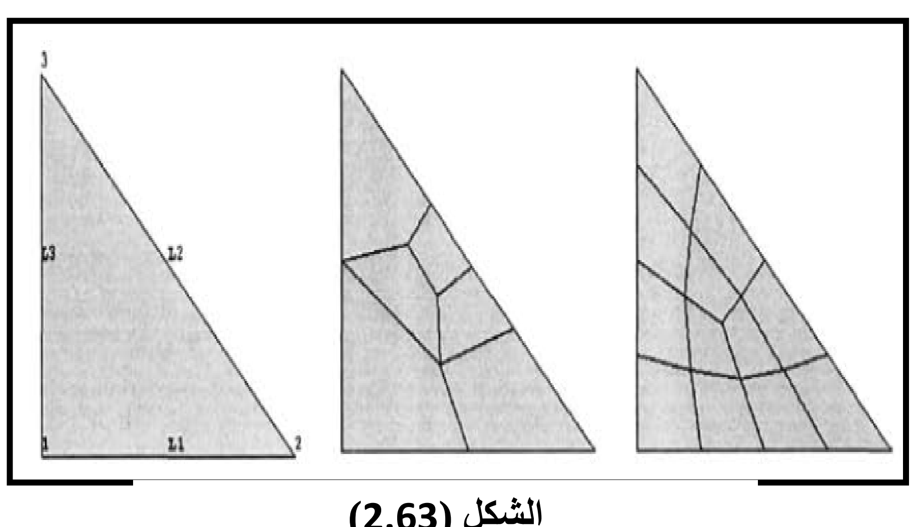
التقسيمات في جميع الخطوط الثلاثة يجب أن تكون متساوية وزوجية Equal & Even. أما إذا كانت المساحة معرّفة بأربعة خطوط 4Lines فإن عدد الخطوط في الجوانب المتقابلة يجب أن يكون لها نفس العدد من التقسيمات. وهذه الإعتبارات تنطبق أيضاً على تشبيك الحجوم بواسطة التشبيك بالتخطيط. حيث أن عدد المساحات التي تعرّف الحجم يجب أن تكون إما (4) (رباعي السطوح Tetrahedron) أو(5) (حجم موشوري الشكل Prism) أو(6) (سداسي السطوح Hexahedron). وأن عدد التقسيمات في الجوانب المتقابلة يجب أن تكون متساويةً. فإذا كان الحجم معرّفاً بواسطة (4) أو(5) مساحات فإن عدد التقسيمات في المساحات المثلثية Triangular Areas يجب أن تكون متساوية وزوجية. ويمكن تنفيذ طريقة التشبيك بالتخطيط بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Areas>Mapped>3 or 4 Sided

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Volumes>Mapped >4 to 6 Sided

حيث تظهر قائمة الإنتقاء Pick Menu نتيجة المسار أعلاه وذلك لإنتقاء المساحات المطلوبة. وبعد إنتقاء المساحات والنقر على الزر موافق OK يتولد التشبيك بالتخطيط. الشكل (2.63) (الشكل الموجود في الجانب الأيسر) يبين المساحة المثلثة Triangular Area والتشبيك المناظر لها (التشبيك الحر Free Mesh مبين في الشكل الموجود في الوسط والتشبيك

بالتخطيط Mapped Mesh مبين في الشكل الموجود في الجانب الأيمن من الشكل 2.63). ونلاحظ من الشكل بوضوح بأن التشبيك بالتخطيط يبدي عناصر بنسبة طول/عرض Aspect Ratio مرغوبة.



الشكل (2.63)

وعندما لا تنطبق الشروط أعلاه على المساحات أو الحجوم أي أن المساحات أو الحجوم ليس لها عدد الجوانب المطلوب فيمكننا إجراء التشبيك بالتخطيط للكائنات من خلال البحث عن الجوانب التي يمكن تحويلها الى جانب واحد Single Side عندما تدمج. وهذا الإسلوب يؤدي

الى خفض عدد الجوانب الى الأعداد المطلوبة أي الأعداد التي تحقق الشروط. وهذا يتم بواسطة وصل الخطوط معاً Concatenating Lines بالنسبة لتشبيك المساحات التي يكون فيها عدد الجوانب أكبرمن (4). ووصل المساحة Concatenating Areas بالنسبة لتشبيك الحجوم التي لها عدد جوانب أكبر من (6). ويمكن وصل الخطوط معاً أووصل المساحات معاً بإستخدام المسارات التالية:

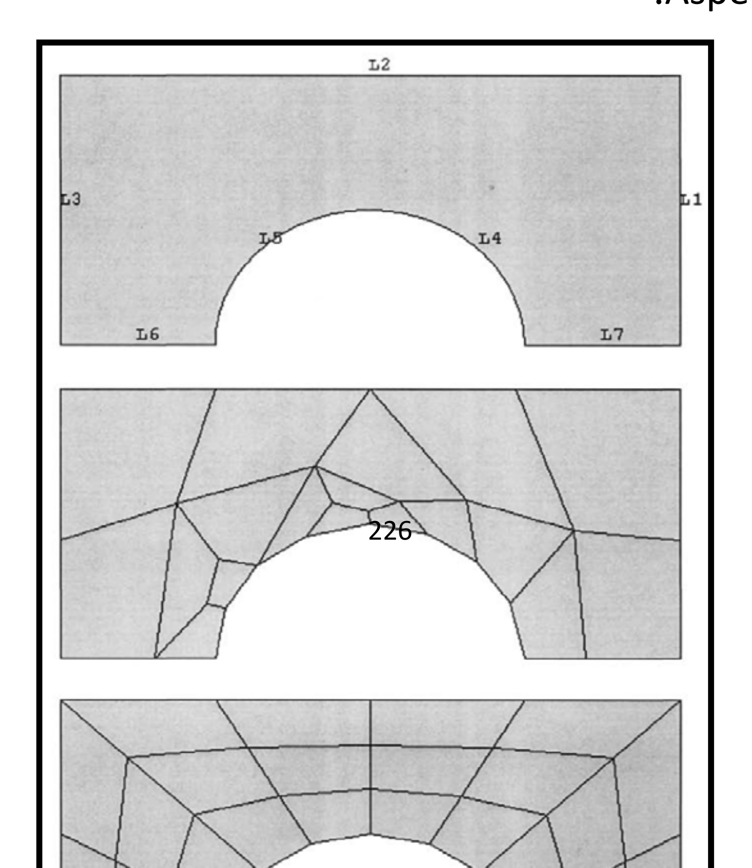
Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Areas>Mapped>Concatenate>Lines

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Volumes>Mapped>Concatenate>Areas

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh> Volumes>Mapped>Concatenate>Lines

حيث يؤدي المسار أعلاه, الى ظهور قائمة الإنتقاء وذلك لإنتقاء الخطوط المراد توصيلها معاً. ويمكن توضيح عملية التوصيل التعاقبي (توحيد) من خلال المثال التالي, لوفرضنا أن لدينا المساحة الغير منتظمة Irregular المبينة في الشكل (2.64) (الشكل الموجود في الأعلى) حيث تظهر فيها أرقام الخطوط. إن التشبيك الحر Free Meshing لهذه المساحة يؤدي الى النتيجة المبينة في الشكل (2.64) (الشكل الموجود في الوسط) حيث نلاحظ أن العناصر لها نسبة طول/عرض كبيرة Large Aspect Ratio. ومن الشكل (2.64) (الشكل الموجود في الأعلى) نلاحظ

أن المساحة المراد تشبيكها محاطة بسبعة (7) خطوط (جوانب). وعند إستخدام التشبيك بالتخطيط Mapped Mesh للمساحات فإن أقصى عدد للجوانب يجب أن يكون (4). وعليه, إذا أراد المستخدم إجراء التشبيك بالتخطيط لهذه المساحة فيجب إستخدام إسلوب التشبيك بواسطة وصل الخطوط معاً Concatenation Lines. ولهذا الغرض يتم وصل الخطوط L1,L2,L3 معاً للحصول على خط جديد هو L8. وكذلك الخطوط L4,L5 يتم وصلها معاً للحصول على خط جديد هو L9. وبهذه الطريقة يتم خفض عدد الخطوط من (7) الى (4) وبالتالي يمكن إستخدام طريقة التشبيك بالتخطيط بسبب تحقق الشرط (العدد الأقصى للجوانب هو 4). وبعد تحديد عدد التقسيمات للخطوط L3,L6,L7 فإن التشبيك بالتخطيط يمكن إجراؤه بأستخدام مسار القائمة أعلاه للمساحة المطلوبة. وهذا يؤدي الى الحصول على نتيجة التشبيك المبينة في الشكل (2.64) (الشكل الموجود في الأسفل) حيث نلاحظ أن العناصر لها نسبة طول/عرض مقبولة Acceptable Aspect Ratio.



2.7.2 معالجة التشبيك Mainpulation of The Mesh

بإمكان المستخدم أن يقوم بتغيير الصفات المميزة للعناصر بعد عملية التشبيك أي بعد تولد التشبيك. وهذا يتحقق بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Move/Modify>Elements >Modify Attrib

وهذا المسار يؤدي بدوره الى ظهور قائمة الإنتقاء Pick Menu التي تطلب من المستخدم إنتقاء العنصر/العناصر Element(s) من نافذة الرسومات. وبعد إختيار العنصر/العناصر فإن النقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء يؤدي الى فتح صندوق حوار له مجالين:

1. المجال الأول: يتضمن وجود قائمة منسدلة نحوالأسفل Pull-Down Menu حاوية على الصفات المميزة Attributes.
2. المجال الثاني: يحوي على الرقم الدليلي بالنسبة للصفة المميزة الجديدة New Attribute Reference Number التي تم إختيارها.

وبعد إختيار الصفة المميزة المراد تغييرها وإدخال الرقم الدليلي للصفة المميزة الجديدة, فإن النقر على الزر موافق OK يؤدي الى إنهاء المهمة.

2.7.2.2 تنظيف وحذف التشبيك Clearing and Deleting Mesh

بعد توليد التشبيك هناك العديد من الأساليب لإعادة التشبيك Remesh عندما تكون النتيجة غير مقبولة بالنسبة للمستخدم. وهذا يمكن تلافيه في كلا الطريقتين:

1. التوليد المباشر Direct Generation.
2. النمذجة الصلبة Solid Modeling.

التوليد المباشر Direct Generation

عند إستخدام هذه الطريقة فبإمكان المستخدم حذف Delete العناصر Elements أولاً ومن ثم العقد Nodes. ونلاحظ بأن حذف العناصر لايؤدي بشكل تلقائي (أتوماتيكي) الى حذف العقد. وهذه المهام يمكن تنفيذها بإستخدام المسارات التالية:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Elements

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete>Nodes

النمذجة الصلبة Solid Modeling

عند إستخدام هذه الطريقة فإن العناصر Elements والعقد Nodes لايمكن حذفها Delete لأنها تكون متصلة Attached بكائنات النموذج الصلب. وعليه, يفضّل في هذه الحالة تنظيف Clear النماذج الصلبة من العقد والعناصر المتصلة به. وهذا يؤدي الى حذف جميع العقد والعناصر المتصلة بالنموذج الصلب في الحال. من هنا, بإمكان المستخدم الآن أن يقوم

بإعادة التشبيك لكائنات النموذج الصلب بعد إجراء التغييرات المطلوبة.
والمسارات المستخدمة بهذا الخصوص تتضمن:

Main Menu>Preprocessor> Meshing>Clear>Keypoints

Main Menu>Preprocessor> Meshing>Clear>Lines

Main Menu>Preprocessor> Meshing>Clear>Areas

Main Menu>Preprocessor> Meshing>Clear>Volumes

وهناك حالات, يكون من الجدوى فيها إزالة الإرتباط Association مابين النموذج الصلب والتشبيك. وهذا يمكن تحقيقه بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Checking Ctrls>Model Checking

حيث يؤدي ذلك الى فتح صندوق حوار يحوي على قائمة منسدلة نحوالأسفل. إن إختيار البند فصل Detach في القائمة المنسدلة نحوالأسفل والنقر على الزر موافق OK وتؤدي الى إزالة الإرتباط مابين النموذج الصلب والتشبيك.

2.7.2.3 التحكم بالترقيم Numbering Controls

عند التعامل مع الأشكال الهندسية المعقدة فإن العمليات المنطقية Boolean Operations التي تم التطرق إليها في المقطع 2.4 يمكن إستخدامها بشكل منتظم. وهذه العمليات تؤدي في أغلب الأحيان الى توليد كائنات جديدة وفي نفس الوقت تؤدي الى إزالة كائنات أخرى (الكائنات

الموجودة) وهذا بدوره يؤدي الى إنشاء فجوة في ترقيم الكائنات. على سبيل المثال إذا كان لدينا مساحة (1) Area1 ويتم طرحها من مساحة أخرى مثلاً مساحة (2) Area2 فإن المساحة الناتجة سوف ترقم بأصغر رقم متوفر للمساحة وفي هذه الحالة ترقم بالرقم (3) أي Area3. وبعد إنشاء المساحة (3) مباشرة يقوم برنامج Ansys بشكل داخلي بحذف مساحات الإدخال Input Areas أي المساحات Area1, Area2. وبشكل مشابه, فإن جميع النقاط الأساسية والخطوط المرتبطة بالمساحة الجديدة Area3 سوف ترقم بأرقام جديدة بينما يتم إزالة الأرقام المرتبطة بالمساحات القديمة. ونفس الإعتبارات تطبق عادة على العقد Nodes والعناصر Elements. وعليه , برنامج Ansys يزود المستخدم بالخيار ضغط Compressing أرقام الكائن Entity Number الذي يمكن أن ينفذ من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Numbering Ctrls>Compress Numbers

وهذا المسار يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار مع وجود قائمة منسدلة نحوالأسفل. وبعد إختيار تسمية الكائن Entity Label من هذه القائمة ننقر على الزر موافق OK لإنهاء المهمة. والمفهوم الآخر, الذي يجب أن يؤخذ بنظر الإعتبار في عملية النمذجة الصلبة والتشبيك هوإمكانية وجود الكائنات المنسوخة Duplicate Entities. وهذا يحدث عادة عندما يقوم المستخدم بإنشاء كائنات جديدة بواسطة نسخ الكائنات الموجودة

أونتيجة عملية العكس للكائنات حول المستوي. وعندما تشغل الكائنات القديمة والكائنات الجديدة نفس الفراغ وفي نفس الوقت كانت المادة مستمرة على طول الخط Line أوالمستوي Plane حيث تقع الكائنات المنسوخة , ففي هذه الحالة يجب أن تخضع الى عملية الدمج Merge, لأن وجود الكائنات المنسوخة سوف يؤثر على إستمرارية التشبيك (على الرغم من أن ذلك لايبدوواضحاً في نافذة الرسومات) وهذا ربما يؤدي الى الحصول على حلول خاطئة Invalid Solutions. إن مسار القائمة التالي يمكن إستخدامه في تنفيذ هذه المهمة أي في دمج الكائنات:

Main Menu>Preprocessor>Numbering Ctrls>Merge Items

حيث يظهر نتيجة لذلك صندوق حوار يحوي المجال الأول فيه على قائمة منسدلة نحوالأسفل وذلك لإختيار تسمية Label الكائنات المراد دمجها.

2.8 الإختيار والمكونات Selecting and Components

إن الإنتقاء الرسومي Graphical Picking ربما يصبح مملاً وعديم الجدوى في حالة نماذج العناصر الثلاثية الأبعاد. وفي مثل هذه الحالات تصبح أداة الإختيار Selection Tool التي يزودنا بها برنامج Ansys أداة فعّالة وكفوءة. كما أن الكائن الذي يتم إختياره Selected Entity يمكن حفظه في قاعدة بيانات برنامج Ansys بشكل مكونة Component. وعليه, فإن إختيار هذه المكونة يكون كافياً في المرة القادمة عندما يحتاج المستخدم الى إختيار نفس الكائنات الموجودة في المكونة.

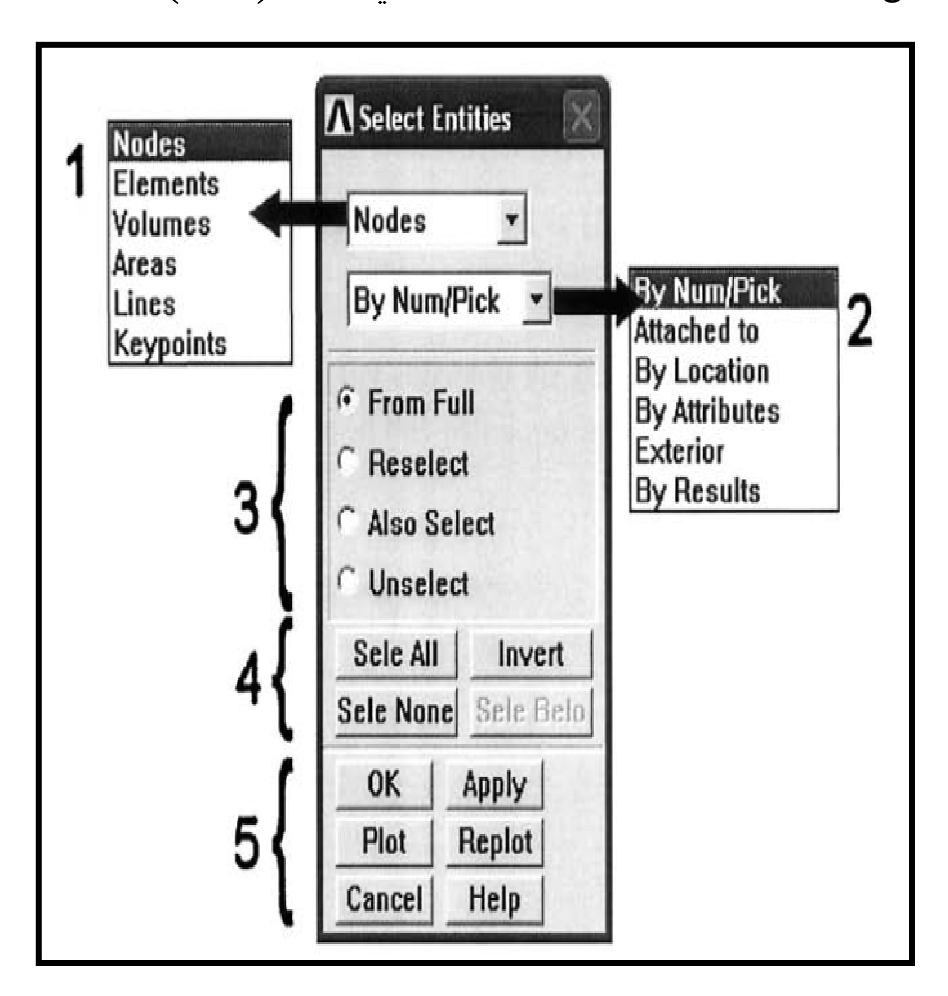
2.8.1 عمليات الإختيار Selection Operations

تخزن الكائنات عادة في برنامج Ansys بشكل مجاميع منفصلة Separate Sets على سبيل المثال, مجموعة المساحات Area Sets , مجموعة الحجوم Volumes sets...الخ. وفي البداية تكون جميع هذه المجاميع الكاملة (التامة) Full Sets فعّالة (نشطة) Active حتي يتم إجراء عملية الإختيار Selection Operations. وعند إختيار الكائنات المنفردة Individual Entities في المجموعة الكاملة أي يتم إختيار مجموعة فرعية Subset فإنها تصبح فعّالة (نشطة). إن مجاميع الكائن تكون عادة مستقلة عن بعضها الآخر أي أن إختيار مجموعة الخطوط Lines Groups لايؤدي الى أي تغيّر في حالة الإختيار لمجاميع النقاط الأساسية Keypoints أوالمساحات Areas. إن عملية الإختيار يمكن أن تتم

بالإعتماد على عدة معايير كما مبين في الفقرات التالية. هذا ويمكن إجراء عملية الإختيار بإستخدام مسار القائمة التالي:

Utility Menu>Select>Entities

وهذا المسار يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار إختيار الكائنات Select Entities Dialog Box كما مبين في الشكل (2.65).



الشكل (2.65)

حيث يتكون صندوق الحوار المبين في أعلاه من المجالات التالية:

1. مجال الكائن Entity Field.
2. مجال المعيار Criterion Field.
3. مجال النطاق Domain Field.
4. مجال تفعيل النطاق Domain Action Field.
5. مجال التفعيل Action Field.

مجال الكائن Entity Field

حيث يستخدم لإختيار الكائن المراد المطلوب بواسطة القائمة المنسدلة نحوالأسفل.

مجال المعيار Criterion Field

إن الكائن الذي نختاره في مجال الكائن يتم إختياره بالإعتماد على المعيار الذي نختاره من القائمة المنسدلة نحوالأسفل في هذا المجال. وفيمايلي المعايير الممكنة:

1. بواسطة الترقيم/الإنتقاء By Num/Pick.
2. بواسطة الإتصال أوالإرتباط مع Attached to.
3. بواسطة الموقع By Location.
4. بواسطة الخصائص المميزة By Attributes.
5. بواسطة الجزء الخارجي Exterior.

6. بواسطة النتائج By Results.

بواسطة الترقيم/الإنتقاء By Num/Pick

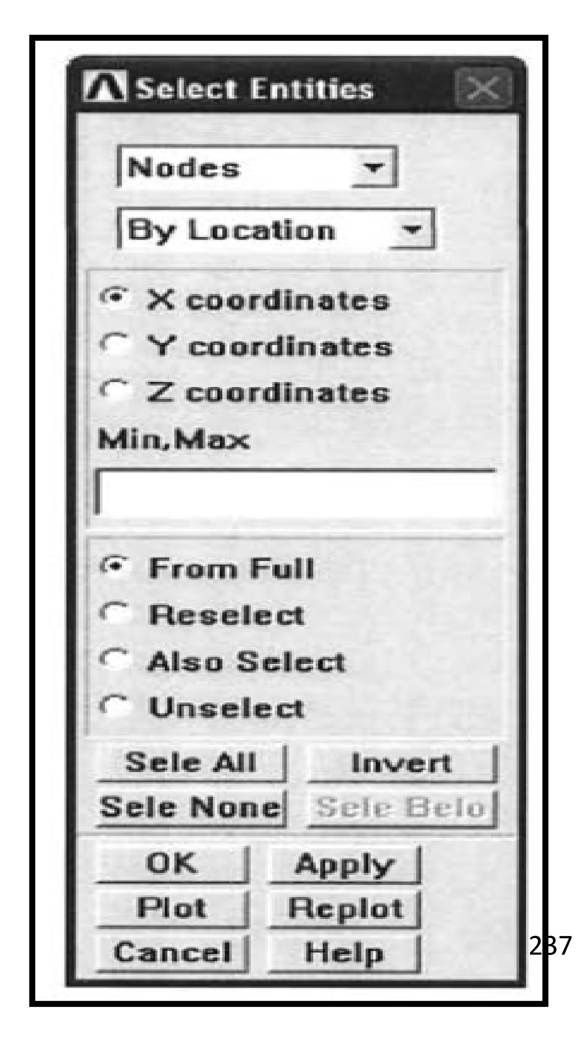
إن النقر على الزر موافق OK بعد إختيار هذا المعيار يؤدي الى ظهور قائمة الإنتقاء حيث يتم إختيار الكائنات بواسطة الإنتقاء.

بواسطة الإتصال أو الإرتباط مع Attached to

كما ذكرنا في المقاطع السابقة, أن الكائنات في برنامج Ansys ترتبط مع بعضها البعض. على سبيل المثال, الخط Line يتكون في الحد الأدنى من نقطتين أساسيتين Two Keypoints. والمساحة تتكون في الحد الأدنى من ثلاث خطوط Three Lines...الخ. من هنا,(النقاط الأساسية والخطوط) و(الخطوط والمساحات) ترتبط اوتتصل Attach مع بعضها على نحومشترك . فعند إختيار هذا المعيار يظهر مجال آخر في صندوق حوار إختيار الكائنات يدرج الإمكانيات المتوفرة لعملية الإرتباط Attachment. فعند إختيار المساحات في مجال الكائن الكائن Entity field وإختيار إرتباط مع Attached to في مجال المعيار Criterion Field فإن المجال الجديد سوف يدرج خطوط Lines وحجوم Volumes كإحتمالات ممكنة للإرتباط , وعند إختيار حجوم والنقر على الزر موافق OK يؤدي الى إختيار الحجوم المرتبطة مع المساحات التي إختيارها.

بواسطة الموقع By Location

حيث يتم إختيار الكائنات بالإعتماد على موقعها Location. وبعد إختيار هذا المعيار يظهر مجال جديد في صندوق حوار إختيار الكائنات يحوي على أزرار الخيار Radio Buttons والتي تتضمن إحداثيات X,Y,Z. كما أنه يحوي على مجال نصي Text Field لإدخال القيم الدنيا والقصوى Minimum & Maximum للإحداثيات كما مبين في الشكل (2.66).



الشكل (2.66)

على سبيل المثال, لغرض إختيار العقد Nodes التي تقع مابين Y=2 وY=5 يتم تفعيل زر الخيار الخاص بإحداثيات (Y) Y-Coordinates ويتم إدخال الأرقام بالشكل "2,5" (من دون وجود علامات الإقتباس Qoutation Marks) في مجال النص.

بواسطة الخصائص المميزة By Attributes

إن هذا المعيار يستخدم لإختيار الكائنات بالإعتماد على خصائصها المميزة (نوع العنصر Element Type , المادة Material , الثابت الحقيقي Real Constant...الخ).

بواسطة الجزء الخارجي Exterior

بإستخدام هذا الخيار يمكن إختيار الكائنات التي تقع على طول الحدود الخارجية للنموذج.

بواسطة النتائج By Results

إذا تم الحصول على الحل Solution فبإمكان المستخدم إختيار الكائنات (العقد Nodes , العناصر Elements فقط) بالإعتماد على قيم النتائج.

مجال النطاق Domain Field

إن هذا المجال يحدّد نطاق مجموعة الكائن Entity Domain الذي سوف يتم تطبيق المعيار عليه وكما مبين في أدناه:

1. من المجموعة الكاملة From Full.

2. إعادة الإختيار Reselect.

3. إختيار أيضاً Also Select.

4. عدم الإختيار Unselect.

من المجموعة الكاملة From Full

حيث تتم عملية الإختيار من المجموعة الكاملة للكائنات Full Set بغض النظر عن حالة الإختيار لمجموعة الكائن المعينة.

إعادة الإختيار Reselect

يستخدم هذا الخيار لتكرار عملية الإختيار. وهويستخدم عادة لإختيار الكائنات من المجموعة الفرعية Subset التي تم إختيارها سابقاً. على سبيل المثال, إذا كان الهدف إختيار جميع العقد Nodes التي لها إحداثيات X=2 و Y=3 (كلاهما في نفس الوقت) فإن العقد التي لها إحداثيات X=2 يتم إختيارها في البداية من المجموعة الكاملة (From Full) أي زر الإختيار From Full ومن ثم يتم إستخدام الزر Reselect لإختيار العقد التي لها إحداثيات Y=3 من المجموعة الفرعية التي تم إختيارها بشكل مسبق للعقد التي لها إحداثيات X=2.

إختيار أيضاً Also Select

إن هذا الخيار يستخدم لتحديد عملية الإختيار. حيث يستخدم لإضافة الكائنات الى المجموعة الفرعية التي تم إختيارها بالإعتماد على معيار مختلف.

عدم الإختيار Unselect

يستخدم هذا الخيار لإزالة تفعيل (تنشيط) Deactivate الإختيار أي (عدم الإختيار) مجموعة الكائنات من المجموعة الفرعية التي تم إختيارها.

مجال تفعيل النطاق Domain Action Field

حيث يتضمن:

1. إختيار الكل Sele All.
2. عكس عملية الإختيار Invert.
3. عدم إختيار شيء Sele None.
4. إختيار الكائنات الدنيا Sele Belo.

إختيار الكل Sele All

أي إختيار المجموعة الكاملة للكائن المعين.

عكس عملية الإختيار Invert

أي عكس المجموعة التي تم إختيارها حيث تصبح الكائنات الفعّالة Active غير فعّالة Inactive وبالعكس.

عدم إختيار شيء Sele None

أي عدم إختيار المجموعة الكاملة للكائن المعين. أي أن المجموعة الفعّالة تصبح خالية . Empty

إختيار الكائنات الدنيا Sele Belo

بالإعتماد على ترتيب الكائنات (أي الحجوم هي الأعلى رتبة والعقد هي الأدنى رتبة) فإن هذا الخيار يقوم بإختيار الكائنات المنخفضة الرتبة

Lower Entites التي ترتبط بالمجموعة التي تم إختيارها من الكائنات في مجال الكائن Entity Field.

مجال التفعيل Action Field

حيث يتضمن الأزرار التالية:

1. الزر موافق OK Button.
2. الزر تطبيق Apply Button.
3. الزر رسم Plot Button.
4. الزر إعادة الرسم Replot Button.
5. الزر إلغاء Cancel Button.
6. الزر مساعدة Help Button.

الزر موافق OK Button

يقوم هذا الزر بتطبيق عملية الإختيار وغلق صندوق حوار إختيار الكائنات.

الزر تطبيق Apply Button

يقوم هذا الزربتطبيق عملية الإختيار مع إبقاء صندوق حوار إختيار الكائنات مفتوحاً وذلك لإجراء عمليات إختيار أخرى.

الزر رسم Plot Button

أي رسم المجموعة المختارة من الكائن المعين.

الزر إعادة الرسم Replot Button

أي تحديث (تجديد) الرسم.

الزر إلغاء Cancel Button

يقوم هذا الزر بغلق صندوق حوار إختيار الكائنات من دون تطبيق عملية الإختيار.

الزر مساعدة Help Button

يقوم هذا الزر بإظهار صفحات المساعدة المرتبطة بعمليات الإختيار.

ولغرض إجراء عملية الإختيار لكل شيء (أي إعادة ترتيب جميع الكائنات الى مجاميعها الكاملة) يتم إتباع مسار القائمة التالي:

Utility Menu>Select>Everything

2.8.2 المكونات Components

إن مجاميع الكائنات التي يتم إختيارها يمكن حفظها في قاعدة بيانات برنامج Ansys بحيث يمكن إستعادتها بسهولة. وهذه المجاميع تسمى المكونات Components. وهذه يمكن أن تحوي فقط على الكائنات التي تكون من نفس النوع. إن الهدف الرئيسي من تعريف هذه المكونات هوتجنّب عمليات الإختيار المتعددة في كل مرة يحتاج فيها المستخدم الى إختيار نفس المجموعة من الكائنات. ومسار القائمة التالي يستخدم عادة في تعريف المكونات:

Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Create Component

وهذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار يطلب من المستخدم إدخال إسم المكونة ونوع الكائن المراد إدخاله في المكونة. وبعد النقر على الزر موافق OK يتم إنشاء المكونة بإستخدام المجموعة الفرعية المختارة من نوع الكائن الذي يتم إختياره.أما المسار التالي فإنه يستخدم عندما نريد إختيار المكونة:

Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Select Comp/ Assembly

إن إدراج Listing وحذف Deleting المكونات يمكن إجراؤه أيضاً بإستخدام المسارات التالية:

Utility Menu>Select>Comp/Assembly>List Comp/Assembly

Utility Menu>Select>Comp/Assembly>Delete Comp/ Assembly

الفصل الثالث

معالج الحل

SOLUTION PROCESSOR

3.1 مقدمة Introduction

تتضمن الجلسة النموذجية لبرنامج Ansys بغض النظر عن فرع التحليل الخطوات التالية:

1. توليد النموذج Model Generation.
2. الشروط الحدودية/الإبتدائية و الحل Boundary/Initial Conditions and Solution.
3. إستعراض النتائج Review Results.

توليد النموذج Model Generation

حيث يتضمن:

1. تحديد إسم المهمة Jobname إن هذه الخطوة خيارية و لكنها مهمة.
2. الدخول الى المعالج السابق Preprocessor.
3. تعريف خيارات و أنواع العنصر Element Types and Options.
4. تعريف الثابت الحقيقي Real Constant لأنواع العناصر (إذا كان نوع العنصر يتطلب ثوابت حقيقية).
5. تعريف خواص المادة Material Properties.
6. إنشاء النموذج Create Model حيث يتضمن:

1. بناء النموذج الصلب Solid Model بإستخدام الطريقة التصاعدية Top-Down Approach أو الطريقة التنازلية Bottom-Up Approach.
2. تعريف عوامل التحكم بالتشبيك Meshing Controls.

7. الخروج من المعالج السابق Exit The Preprocessor.

الشروط الحدودية/الإبتدائية و الحل

Boundary/Initial Conditions and Solution

حيث تتضمن:

1. الدخول الى معالج الحل Solution Processor.
2. تعريف نوع التحليل Analysis Type و خيارات التحليل Analysis Options.
3. تحديد الشروط الحدودية/الإبتدائية Boundary/Initial Conditions و هي تتضمن:
   1. درجة الحرية للقيود Degree of Freedom Constraints.
   2. أحمال القوة العقدية Nodal Force Loads.
   3. أحمال السطح Surface Loads.
   4. أحمال الجسم Body Loads.
   5. أحمال القصور الذاتي Inertia Loads.

6. الشروط الإبتدائية (إذا كان نوع التحليل عابر أو مؤقت .Initial Conditions (Transient

7. حفظ قاعدة البيانات (إن هذه الخطوة غير مطلوبة و لكنها مفضلة) .Save Database

8. الشروع (البدء) بالحل .Initiate Solution

9. الخروج من معالج الحل .Exit The Solution Processor

إستعراض النتائج Review Results

حيث تتضمن:

1. الدخول الى المعالج اللاحق العام General Postprocessor أوالمعالج اللاحق لتاريخ الزمن Time History .Postprocessor

2. عرض النتائج .Display Results

3. إدراج النتائج .List Results

إن الخطوة الأولى تتضمن العمليات المرتبطة بالمعالجة السابقة Preprocessing و هذا تم التطرق إليه في الفصل الثاني. أما العمليات المرتبطة بمعالج الحل Solution Processor فسيتم التطرق إليها في هذا الفصل. و سيتم التطرق الى العمليات المرتبطة بالمعالجة اللاحقة في الفصل الرابع.

3.2 الحل Solution

بعد إتمام مرحلة المعالجة السابقة و التي تتضمن توليد النموذج و التشبيك , يكون المستخدم مستعداً للبدء في مرحلة الحل من جلسة برنامج Ansys. و في البداية يتم تحديد نوع التحليل Analysis Type من خلال ثلاث أنواع رئسية تتضمن:

1. التحليل الساكن (الإستاتيكي) Static Analysis.
2. التحليل العابر(المعتمد على الزمن) Transient (Time-Dependent) Analysis.
3. النمذجة الجزئية Submodeling (حيث لم يتم التطرق إليه في هذا الكتاب).

فإذا كانت المسألة المطلوبة تقع ضمن فرع التحليل الإنشائي Structural Analysis Discipline فإن هناك أنواع إضافية للتحليل تتضمن:

1. التحليل الشكلي Modal Analysis.
2. التحليل التوافقي Harmonic Analysis.
3. التحليل الطيفي Harmonic Analysis.
4. تحليل الإنبعاج Eigenvalue Buckling Analysis.

و هناك عاملين رئيسين يتم إستخدامهما عادة في إختيار نوع التحليل:

1. شروط التحميل Loading Conditions.

2. النتائج التي تهمنا Results of Interest.

شروط التحميل Loading Conditions

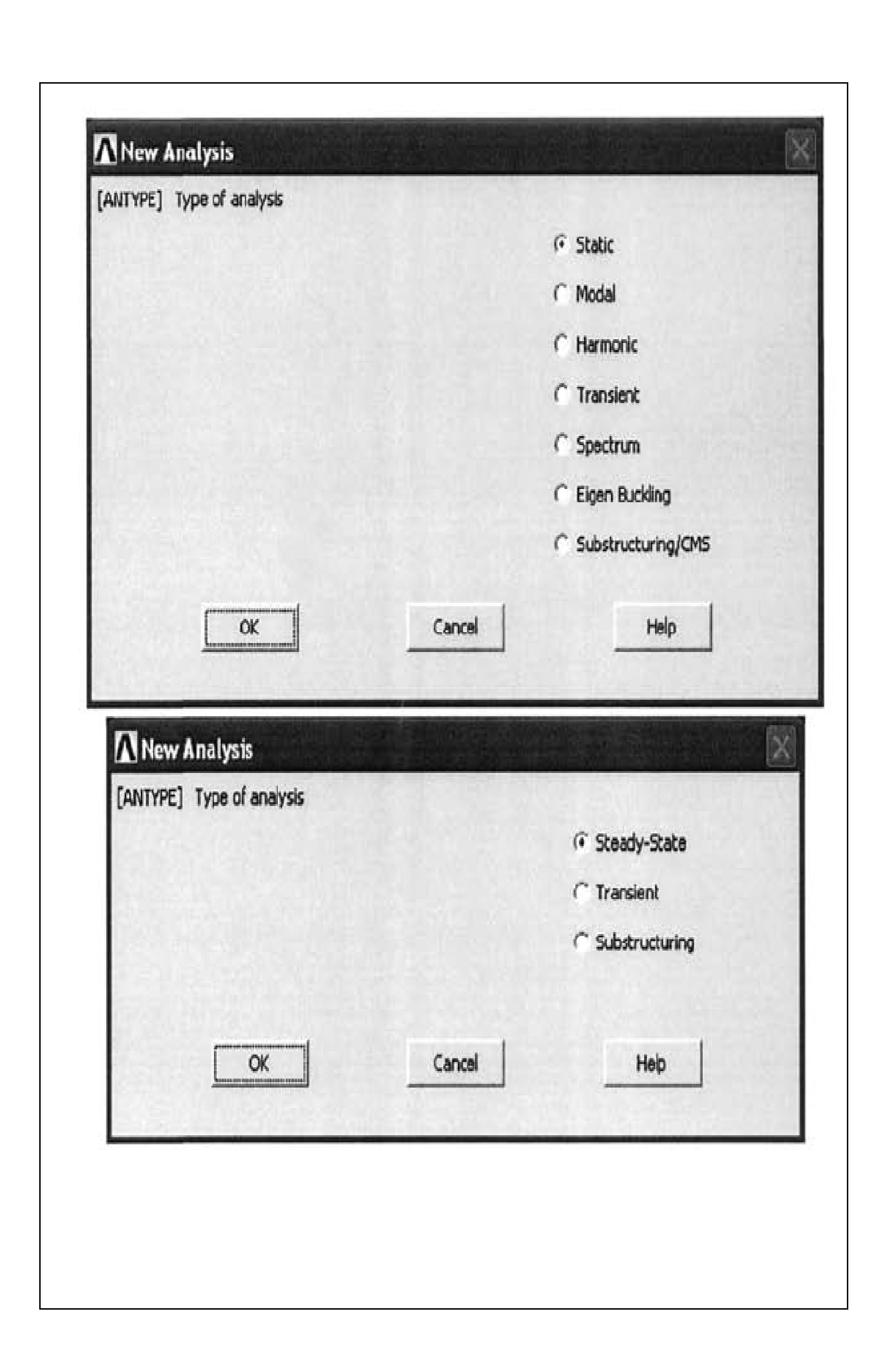
إذا كانت الشروط الحدودية Boundary Conditions تتغير بشكل دالة للزمن أو أن هناك شروط إبتدائية Initial Conditions فإن نوع التحليل هو من النوع العابر Transient. و إذا كان فرع التحليل من النوع الإنشائي (تركيبي) Structural و كان التحميل بشكل دالة جيبية Sinusoidal Function للزمن فإن نوع التحليل هو تحليل توافقي Harmonic. و بشكل مشابه , إذا كان التحميل من النوع الطيف الرجفي Seismic Spectrum فإن نوع التحليل هو طيفي Spectrum.

النتائج التي تهمنا Results of Interest

إذا كان فرع التحليل من النوع الإنشائي (التركيبي) Structural و كانت النتائج التي تهمنا تتضمن التكرارات الطبيعية الإنشائية Natural Structural Frequencies , فإن نوع التحليل هو التحليل الشكلي Modal. و بشكل مشابه, إذا كانت النتائج التي تهمنا تتضمن تحديد الحمل Load الذي عنده يفقد التركيب إستقراريته (ينبعج Buckle) فإن نوع التحليل هو تحليل الإنبعاج Eigenvalue Buckling. هذا و يمكننا تحديد نوع التحليل بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Analysis Type>New Analysis

و هذا المسار يؤدي بدوره الى ظهور صندوق الحوار المبين في الشكل (3.1).


New Analysis
[ANTYPE] Type of analysis
Static
Modal
Harmonic
Transient
Spectrum
Eigen Buckling
Substructuring/CMS
OK
Cancel
Help
New Analysis
[ANTYPE] Type of analysis
Steady-State
Transient
Substructuring
OK
Cancel
Help

الشكل (3.1)

حيث أن النافذة المبينة في الأعلى تشير الى إختيار نوع التحليل في حالة الفرع الإنشائي (التركيبي) Structural Discipline بينما تشير النافذة الموجودة في الأسفل الى نوع التحليل في حالة الفرع الحراري Thermal Discipline. و يقوم المستخدم بإختيار نوع التحليل من خلال النقر على زر الخيار Radio Button المناظر للتحليل المعين و من ثم النقر على الزر موافق OK. إن عمليات الحل Solution Operations المستخدمة بشكل شائع في جلسة برنامج Ansys سيتم التطرق إليها في المقاطع التالية.

خيارات التحليل/عوامل التحكم بالتحليل

Analysis Options/Solutions Controls

إن برنامج Ansys يتيح عادة للمستخدم إختيار بعض الخيارات خلال مرحلة الحل Solution Phase. وهذه الخيارات يمكن تحديدها إما من خلال خيارات التحليل Analysis Options أو من خلال عوامل التحكم بالحل Solution Controls. إن خيارات التحليل المخصصة لنوع التحليل تتيح للمستخدم إختيار طريقة الحل Solution Method و التفاصيل المرتبطة بها. و هذه الخطوة تتطلب المعرفة بنوع التحليل. و يمكننا تحديد خيارات التحليل بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Analysis Type>Analysis Options

بالإضافة الى خيارات التحليل فإنه لدى المستخدم خيار آخر في تحديد التفضيلات Preferences من خلال عوامل التحكم بالحل Solution Controls. إن الفرق الأساسي مابين خيارات التحليل Solution Options و عوامل التحكم بالحل Solution Controls هو أن عوامل التحكم بالحل لاتكون مخصصة لنوع التحليل أي أن نفس المجموعة من الخيارات في عوامل التحكم بالحل يمكن إستخدامها في التحليل الإنشائي (التركيبي) Structural أو الحراري Thermal. ويمكن تفعيل (تنشيط) صندوق حوار عوامل التحكم بالحل Solution Controls Dialog Box من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Analysis Type>Sol’n Controls

و كما مبين في الشكل (3.2) يتميز صندوق حوار عوامل التحكم بالحل بوجود خمسة تبويبات تتضمن:

1. التبويب أساسي Basic Tab.
2. التبويب عابر Transient Tab.
3. التبويب خيارات الحل Sol’s Options Tab.
4. التبويب الخيارات اللاخطية Nonlinear Tab.
5. التبويب الخيارات اللاخطية المتقدمة Advanced NL Tab.

التبويب أساسي Basic Tab

يتضمن هذا التبويب إختيار الخيارات المخصصة لنوع التحليل, المعاملات المرتبطة بالمجال الزمني Time Domain-Related Parameters , وعناصر النتائج التي تم كتابتها في ملف النتائج Results File.

التبويب عابر Transient Tab

يزودنا هذا التبويب بالسيطرة(التحكم) على إسلوب تسليط الحمل (متدرج Steeped , أو مائل Ramped) خلال الفترة الزمنية المحددة.

Solution Controls

Basic | Transient | Sol'n Options | Nonlinear | Advanced NL

Analysis Options

Small Displacement Transient

Calculate prestress effects

Time Control

Time at end of loadstep 0

Automatic time stepping Prog Chosen

Number of substeps

Time increment

Number of substeps 0

Max no. of substeps 0

Min no. of substeps 0

Write Items to Results File

All solution items

Basic quantities

User selected

Nodal DOF Solution

Nodal Reaction Loads

Element Solution

Element Nodal Loads

Element Nodal Stresses

Frequency:

Write last substep only

where N = 1

OK Cancel Help

الشكل (3.1)

التبويب خيارات الحل Sol's Options Tab

حيث يمكننا إختيار أداة حل المعادلات Equation Solver بإستخدام هذا التبويب. أضف الى ذلك, بإستخدام هذا الخيار يمكن إعادة بدء الحل Restart للتحليل الحالي Current Analysis من التحليل السابق Previous Analysis أو يمكن إعادة بدء الحل فيما بعد , حيث يقوم هذا الخيار بالتحكم بعدد ملفات إعادة بدء الحل Restart Files بواسطة كتابتها و تكرار عدد مرات كتابة تلك الملفات.

التبويب الخيارات اللاخطية Nonlinear Tab

حيث يتضمن هذا التبويب الخيارات اللاخطية Nonlinear Options , تحديد العدد الأقصى للتكرارت المتوازنة Maximum Number of Equilibrium Iterations و حدود القيم الفيزيائية المستخدمة في التحليلات الإنشائية اللاخطية مثل التشوه اللدن Plastic Deformation و الزحف Creep...الخ.

التبويب الخيارات اللاخطية المتقدمة Advanced NL Tab

يستخدم هذا الخيار في تحديد الإسلوب الذي يجب إستخدامه عند عدم تحقيق التقارب Convergence خلال التحليل اللاخطي Nonlinear Analysis.

و جدير بالذكر, أن جميع الخيارات الموجودة ضمن عوامل التحكم بالحل Solution Controls لها قيم إفتراضية أي لايتطلب تحديدها من قبل المستخدم خلال مرحلة التحليل , أما إذا فشل التحليل في الحصول على

التقارب المطلوب ففي هذه الحالة نلجأ الى تغيير هذه القيم الإفتراضية لهذه الخيارات و ذلك لتحقيق التقارب المطلوب.

3.2.2 الشروط الحدودية Boundary Conditions

هناك بعض المسائل الرياضية التي تتطلب تعريف الشروط الحدودية على طول الحد Entire Boundary و يطلق على هذه الشروط بالشروط الحدودية Boundary Conditions. و هناك ثلاثة أساليب يمكن إستخدمها في تحديد هذه الشروط تتضمن:

1. النوع الأول Type(I): تحديد المتغير الرئيسي Primary Variable (درجة الحرية Degree of Freedom).
2. النوع الثاني Type(II): تحديد المتغيرات المرتبطة بمشتقة المتغير الرئيسي.
3. النوع الثالث Type(III) : تحديد التوافقية الخطية Linear Combination للمتغير الرئيسي و مشتقته.

في المسألة الإنشائية (التركيبية) Structural Problems تتضمن المتغيرات الرئسية مكونات الإزاحة Displacement Components حيث أن النوع الأول Type(I) من الشروط الحدودية يتضمن قيود الإزاحة Displacement Constraints التي يتم تحديدها في جزء معين من الحد. و عند تحديد الشد (السحب) Traction على طول الحد فإن الشروط الحدودية تقع ضمن النوع الثاني Type(II) لأن الشد (السحب) يكون مرتبطاً بمشتقات مكونات الإزاحة. و الحالة الخاصة من الشروط الحدودية

للشد (السحب) Traction Boundary Conditions تتضمن الحمل المركّز Point Load (أيضاً يسمى القوة/حمل العزم Force/Moment Load). أما عندما يخضع التركيب الى الشد (السحب) عند مساحات صغيرة جداً من الحد فإنه يفضّل جعل الشرط الحدودي بشكل حمل مركزي مسلط عند نقطة معينة Concentrated Load. و عند إجراء التحليل بإستخدام نوع العنصر BEAM أو SHELL فإن أحمال العزم Moment Loads يمكن أن تطبق أيضاً. إن كل من الإزاحات Displacements , الضغوط Pressures , القوى Forces , و العزوم Moments يمكن أن تحدّد بإستخدام المسارات التالية:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> Displacement

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> Force/Moment

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> Pressure

أما في حالة المسائل الحرارية Thermal Problems فإن درجة الحرارة Temperature تمثل المتغير الرئيسي. و بشكل مشابه للمسائل الأنشائية (التركيبية) Structural Problems , فإن النوع الأول Type(I) من الشروط الحدودية يناظر تحديد المتغير الرئيسي أي درجة الحرارة على جزء معين من الحد. وتحديد الشروط الحدودية للدفق الحراري Heat Flux يقع ضمن النوع الثاني Type(II) من الشروط الحدودية. و أخيراً, شروط الحمل الحراري Convective Conditions

تناظر النوع الثالث Type(III) من الشروط الحدودية. إن الشروط الحدودية لكل من درجة الحرارة Temperature , الدفق الحراري Heat Flux, و الحمل الحراري Convective على طول الحد المعين يمكن تحديدها من خلال المسارات التالية:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Thermal> Temperature

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Thermal> Heat Flux

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Thermal> Heat Flow

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Thermal> Convection

إن كل من الشروط الحدودية التي تم مناقشتها في أعلاه يمكن تطبيقها على العقد Nodes , أو على كائنات النموذج الصلب المناسبة مثل النقاط الأساسية Keypoints , الخطوط Lines , أو المساحات Areas. و عند تطبيقها على كائنات النموذج الصلب فإن برنامج Ansys يقوم بتحويلها الى عقد Nodes , عند الشروع (البدء) بالحل. و على الرغم من أن المسارات المستخدمة لتحديد الشروط الحدودية تقع ضمن معالج الحل Solution Processor إلا أنه من الممكن تحديدها بإستخدام المعالج السابق Preprocessor.

3.2.3 الشروط الإبتدائية Initial Conditions

هناك مسائل يكون نوع التحليل فيها عابراً Transient (أي معتمداً على الزمن). و هذا النوع من المسائل يتطلب عادة تحديد الشروط الإبتدائية Initial Conditions. فبالنسبة للمسائل الإنشائية (التركيبية) Structural Problems فإن الشروط الإبتدائية يمكن أن تتضمن مكونات الإزاحة Displacement , الدوران Rotation , السرعة Velocity , و التعجيل Acceleration. أما في المسائل الحرارية Thermal Problems فإن تتضمن توزيع درجة الحرارة ضمن النطاق المعين Temperature Distribution Within Domain. إن الشروط الإبتدائية يمكن تحديدها فقط عندما يتم إختيار نوع التحليل Analysis Type من النوع عابر Transient. فإذا تم إختيار نوع التحليل على سبيل المثال من النوع الساكن (إستاتيكي) Static فإن خيار الشروط الإبتدائية سوف لايظهر في القوائم. و يمكن تحديد الشروط الإبتدائية بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Initial Condit’n

3.2.4 أحمال الجسم Body Loads

بصورة عامة يمكن توليد أحمال الجسم Body Loads بشكل داخلي أو خارجي كنتيجة للمجال الفيزيائي الفعّال في الجسم. و هذه الأحمال تكون عادة فعّالة ضمن نطاق معين يعبّر عنه على نحو حجمي Volumetric.

إن كل من الجاذبية Gravity , أحمال القصور الذاتي Inertia Loads , و تغيّر درجة الحرارة Temperature Change تمثل أحمال الجسم في المسألة ألإنشائية (التركيبية) Structural Problems. و يمكن تحديدها بإستخدام أحد المسارات التالية:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> Temperature

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> Inertia>Angular Velocity

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> Inertia>Angular Accel

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> Inertia>Coriolis Effects

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> Inertia>Gravity

إن توليد الحرارة Heat Generation ضمن النطاق المعين يمثل أيضاً حمل الجسم بالنسبة للمسائل الحرارية Thermal Problems و يمكن تحديده بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Thermal> Heat Genrat

3.2.5 الحل في خطوات الحمل المفردة و المتعددة

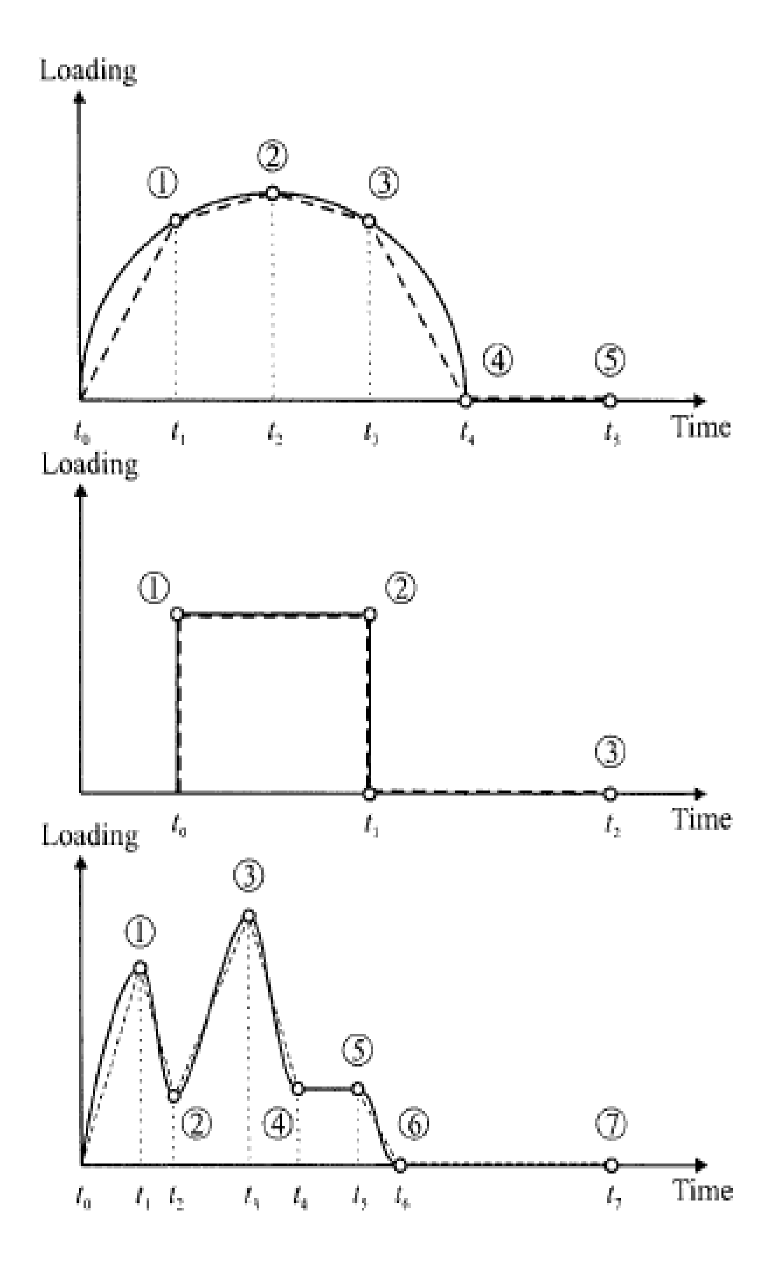
Solution in Single and Multiple Load Steps

بعد إتمام عملية تشبيك العنصر المحدد Finite Element Mesh و تحديد شروط التحميل Loading Conditions (الشروط الحدودية Boundary , الإبتدائية Initial , و أحمال الجسم Body Loads) يمكننا الشروع أو البدء بالحل بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Solve>Current LS

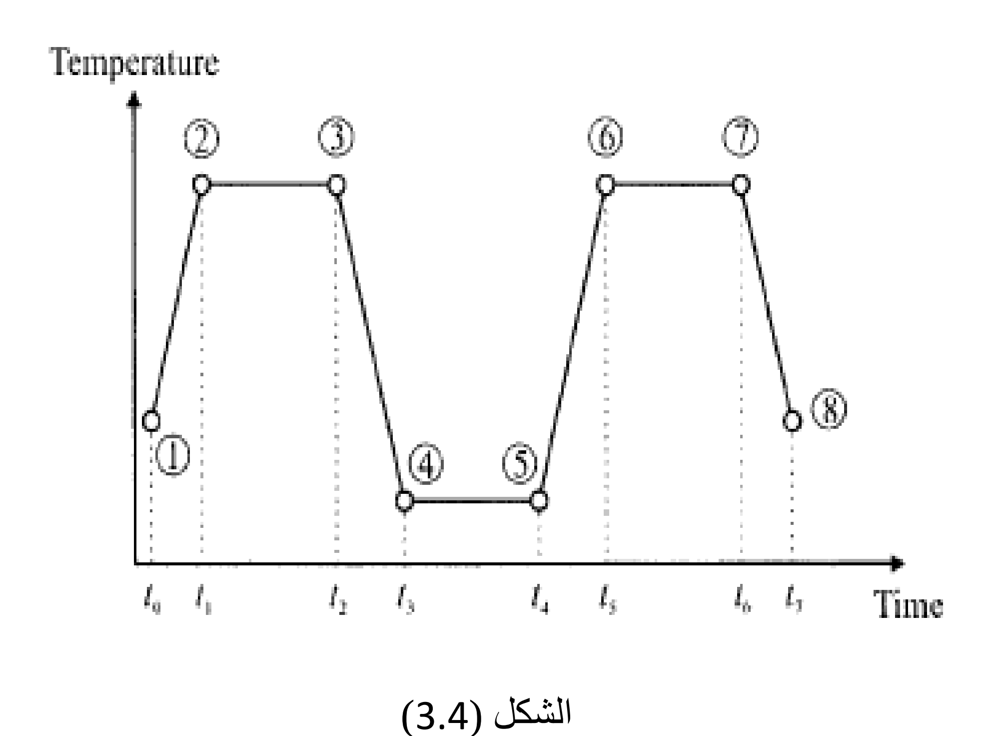
و هناك العديد من الحالات التي تكون فيها الأحمال معتمدة على الزمن Time-Dependent و في هذه الحالة يمكن تحقيق الحل في خطوات متعددة Multiple Steps. حيث أن خطوات الحل المختلفة يجب أن تستخدم إذا كان التحميل المسلط على التركيب يتغير على نحو مفاجئ. أضف الى ذلك, أن إستخدام خطوات الحمل أيضاً يصبح ضرورياً إذا كانت إستجابة التركيب مرغوبة عند نقاط معينة من الزمن. إن برنامج Ansys يزودنا بتطبيق الأحمال المعتمدة على الزمن من خلال إستخدام خطوات الحمل المتعددة Multiple Load Steps. إن التحميل المعتمد على الزمن Time-Dependent Loading يلاحظ بشكل شائع في التحليلات التي تتطلب تحديد الإستجابة الديناميكية Dynamic Response وفي المواد التي تسلك سلوكاً من النوع اللدن-اللزج Viscoplasti-Type Materials أو تسلك سلوك الزحف Creep-Type Material. كما أن محاكاة طرق التصنيع Manufacturing Processes أيضاً يتضمن التحميل الحراري

المعتمد على الزمن Time-Dependent Thermal Loading. الشكل (3.3) يبين المقاطع المختلفة لتحميل الصدمة Impact Loading كدالة للزمن. إن الخطوط المستمرة Solid Lines تشير الى التحميل الطبيعي Actual Loading بينما الخطوط المتقطّعة Dashed Lines تشير الى مقاطع التحميل كما تم تحديدها بواسطة برنامج Ansys. وكما نلاحظ من الشكل (3.3) أن برنامج Ansys يتيح للمستخدم تحديد إما التحميل المتدرج Stepped أو أو المائل Ramped.


Loading
①
②
③
④
⑤
t_0 t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 Time
Loading
①
②
③
t_0 t_1 t_2 Time
Loading
①
②
③
④
⑤
⑥
⑦
t_0 t_1 t_2 t_3 t_4 t_5 t_6 t_7 Time

الشكل (3.3)

وفي جميع الحالات تكون خطوة التحميل الأخيرة ضرورية للحصول على إستجابة التركيب عند الفترات الزمنية بعد إزالة الحمل. إن خطوات التحميل المتعددة تكون ضرورية أيضاً في تمذجة المادة اللدنة- اللزجة Visco-Plastic Material التي تخضع الى التحميل الحراري الدوري Thermal Cycling كما مبين في الشكل (3.4).



الشكل (3.4)

و الخطوات التالية تطبق عادة عند إستخدام طريقة الحل بواسطة خطوات التحميل المتعددة Multiple Load Step Solution Method :

1. تطبيق الشروط الإبتدائية كما تم توضيحها في المقطع 3.2.2.
2. تطبيق الشروط الحدودية المناسبة بالنسبة لخطوة الحمل الأولى First Load Step.
3. تحديد المعاملات المرتبطة بالزمن و هذا يتم بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Load Step Opts>Time/Frequence> Time-Time Step

و هذا المسار يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار الزمن و خيارات خطوة الزمن Time and Time Step Options Dialog Box كما مبين في الشكل (3.5). حيث نقوم بإدخال الزمن عند نهاية خطوة الحمل في مجال النص [Time] Time at end of load step و حجم خطوة الزمن في مجال النص [DELTIM] Time step size و هذا يكون خياري. إن الإختيار مابين تطبيق الأحمال بإسلوب متدرج Stepped أو مائل Ramped في مجال النص [KBC] Steeped or ramped b.c يتم من خلال مايلي:

1. إذا كان حقل تدرج الزمن التلقائي [AUTOTS] Automatic time stepping غير مفعّلاً أي (OFF) فإن المستخدم يجب أن يحدّد حجم خطوة الزمن Time Step Size.
2. إذا كان حجم خطوة الزمن Time Step Size غير محدداً وكان حقل تدرج الزمن التلقائي مفعّلاً بشكل (Prog Chosen) حيث يشير الى إختيار البرنامج Program Chosen فإن برنامج Ansys سوف يقوم بتفعيل حقل تدرج الزمن التلقائي بشكل (ON).
3. إذا كان حجم خطوة الزمن Time Step Size محدداً وكان حقل تدرج الزمن التلقائي مفعّلاً بشكل (ON) فإن برنامج Ansys يبدأ بالحل طبقاً لحجم خطوة الزمن المحددة.

Time and Time Step Options

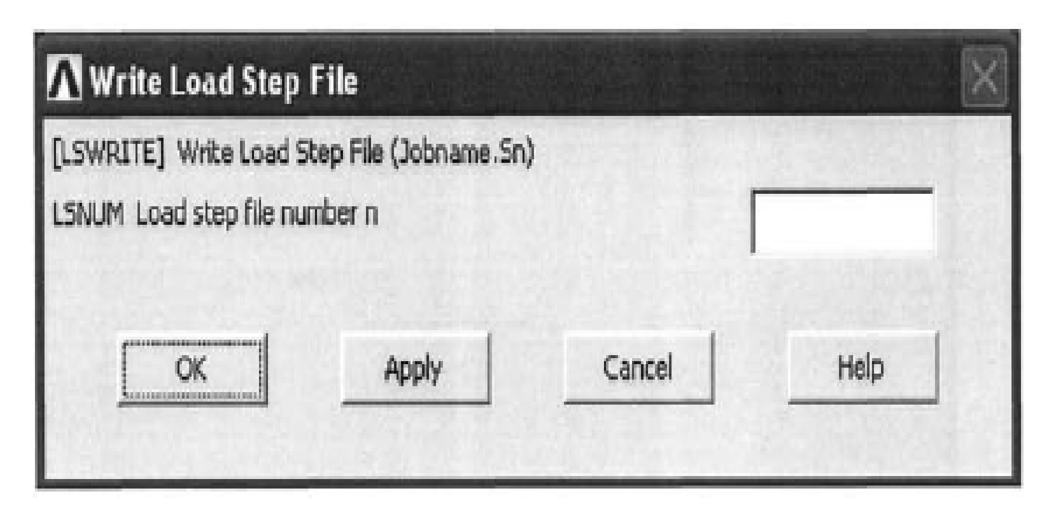
Time and Time Step Options
[TIME] Time at end of load step — 0
[DELTIM] Time step size
[KBC] Stepped or ramped b.c. — (•) Ramped ( ) Stepped
[AUTOTS] Automatic time stepping — ( ) ON ( ) OFF (•) Prog Chosen
[DELTIM] Minimum time step size
Maximum time step size
Use previous step size? — [✓] Yes
[TSRES] Time step reset based on specific time points
Time points from : — (•) No reset ( ) Existing array ( ) New array
Note: TSRES command is valid for thermal elements, thermal-electric elements, thermal surface effect elements and FLUID116, or any combination thereof.

الشكل (3.5)

4. كتابة ملف خطوة الحمل Write Load Step File , إن خطوات الحمل يتم كتابتها عادة في ملفات خطوة الحمل Load Step Files بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Load Step Opts>Write LS File

و هذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار ملف خطوة الحمل Load Step File Dialog Box كما مبين في الشكل (3.6). حيث يقوم المستخدم بإدخال رقم ملف خطوة الحمل Load Step File Number في الحقل LSNUM Load step file number n ومن ثم النقر على الزر موافق OK. إن هذا الملف يخزن عادة في دليل العمل Working Directory ويحوي على جميع خيارات الحمل الحل Solution Options , الزمن Time و المعاملات المرتبطة بالزمن Time-Related Parameters بالإضافة الى الشروط الحدودية Boundary Conditions.



الشكل (3.6)

5. تكرار الخطوات 2-4 بالنسبة الى خطوات الحمل المتبقية.
6. البدء بالحل من ملفات خطوة الحمل Load Steps Files أي بعد إتمام عملية كتابة جميع ملفات خطوة الحمل , حيث يقوم المستخدم بالشروع بالحل بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Solve>From LS Files

و هذا يؤدي الى فتح صندوق حوار ملفات حل خطوة الحمل Solve Load Step Files حيث يقوم المستخدم بإدخال أرقام البدء و الإنتهاء لملف خطوة الحمل في الحقول (LSMIN and LSMAX) و من ثم يقوم بالنقر على الزر موافق OK.

3.2.6 فشل عملية الحصول على الحل Failure to Obtain Solution

عندما يفشل برنامج Ansys في عملية الحصول على الحل فإن ذلك يعود في أغلب الأحيان الى سببين رئيسين:

1. مصفوفة المعامل الشاذة Singular Coefficient Matrix.
2. التقارب الفاشل Failed Convergence.

مصفوفة المعامل الشاذة Singular Coefficient Matrix

كما هو معروف فإن كل حل للعناصر المحددة يتطلب حل نظام من المعادلات التي تتكون:

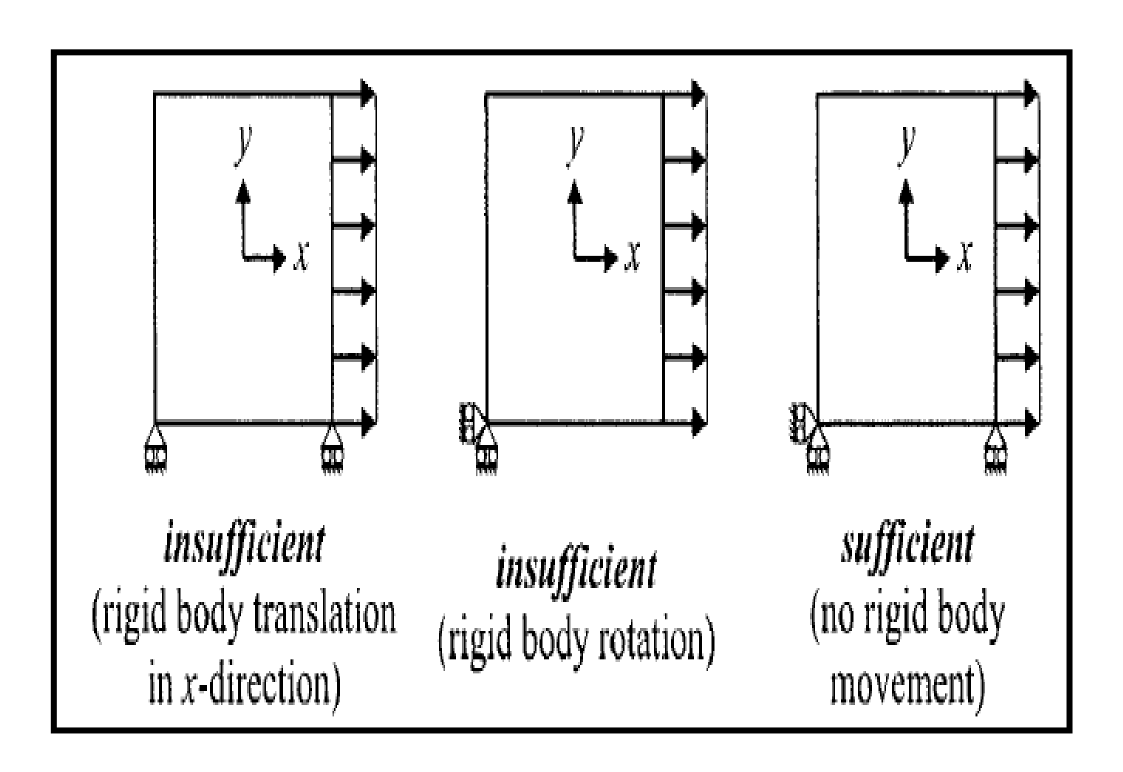
1. مصفوفة المعامل المعلومة (مصفوفة الجساءة) Known (Stiffness) Coefficient Matrix .
2. متجه درجة الحرية المجهول Unknown Degree of Freedom Vector.
3. متجه الجانب الأيمن المعلوم (متجه القوة) Known Right-Hand-Side (Force) Vector.

فإذا كانت مصفوفة المعامل شاذة Singular فإن الحل سوف يفشل. إن الأساليب الشائعة التي تؤدي الى جعل مصفوفة المعامل شاذة تتضمن مايلي:

1. عدم إستقرارية التراكيب نتيجة إنخفاض القيود في التحليلات الإنشائية (التركيبية) الساكنة Static Structural Analyses. وهذا يؤدي بدوره الى حدوث الدوران Rotation و الإنتقال Translation للجسم الجسوء Rigid Body و الذي يجعل بدوره مصفوفة الجساءة شاذة Singular Stiffness Matrix. و كمثال على هذه الظاهرة , الشكل (3.7) يبين ثلاث أنواع مختلفة من القيود المسلّطة على نفس التركيب المربع الثنائي الأبعاد 2-D Square Structure الذي يخضع الى حمل شدي موزع في إتجاه المحور- X X-Direction ويمكن مناقشة هذه الأنواع كالآتي:

النوع الأول

حيث يتضمن وجود إثنين من القيود Two-Constraints كلاهما يمنع الإزاحة بإتجاه المحور- Y Y-Direction على طول السطح السفلي للتركيب. و نظراً لعدم وجود قيود تمنع الإزاحات في الإتجاه- X X-Direction فإن التركيب يكون حر الحركة في إتجاه المحور- X X-Direction تحت تأثير الحمل المسلط. و هذا يؤدي بدوره الى تولد مصفوفة الجساءة الشاذة.



الشكل (3.7)

النوع الثاني

في هذا النوع الإزاحات في الإتجاه- X و الإتجاه- Y تكون معاقة عند نفس النقطة (في الزاوية اليسرى السفلى) وعلى الرغم من أن هذا التركيب يمنع من حدوث الإنتقالات Translation للجسم الجسوء الا أنه يفشل في منع حدوث الدوران للجسم الجسوء حول العقدة الزاوية Corner-Node وبالتالي تصبح مصفوفة الجساءة شاذة.

النوع الثالث

في هذا الترتيب نلاحظ وجود زوايتين تخضع الى القيود التي تمنعها من التحرك بإتجاه المحور- Y-Direction Y حيث أن أحد هذه القيود تمنع التركيب من التحرك بإتجاه المحور-X-Direction X أيضاً. و هذا الترتيب المستقر سوف يمنع جميع الحركات الممكنة للجسم الجسوء مؤدياً بذلك الى تولد مصفوفة جساءة غير شاذة Non-Singular Stiffness Matrix و بالتالي الحصول على الحل الصحيح.

1. إن خواص المادة Material Properties التي تكون غيرمناسبة فيزيائياً يمكن أن تجعل مصفوفة المعامل شاذة. على سبيل المثال عندما تكون القيمة صفراً Zero أو سالبة Negative مثل معامل المرونة (معامل يونك) Young’s Modulus , الموصلية الحرارية Thermal Conductivity , الكثافة Density و الحرارة النوعية Specific Heat. حيث يؤدي ذلك الى فشل الحل.
2. هناك عناصر إنشائية(تركيبية) Structural Elements ضمن مكتبة برنامج Ansys تكون مناسبة لأحمال معينة وغير مناسبة لأحمال أخرى يمكن أن تؤدي الى فشل الحل أيضاً.

التقارب الفاشل

إن المسائل التي تتضمن السلوك اللاخطي Non-Linearity في تحليلات العناصر المحددة يتم حلها عادة من خلال التكرارات

Iterations. إن هذا السلوك اللاخطي ينشأ عادة من سلوك المادة (اللدونة Plasticity , الزحف Creep , المرونة اللزجة Vicoelasticity , اللدونة اللزجة Viscoplasticity ...الخ). أو ينشأ نتيجة ترتيب الشكل الهندسي (أي التشوهات الكبيرة Large Deformation) للتركيب. والحل الصحيح يتم تقريبه عادة بواسطة خطوات صغيرة تسمى تكرارات التقارب Convergence Iterations. فإذا كانت المسألة من النوع الذي يعتمد على الزمن فإن الخطوات الصغيرة تؤخذ في نطاق الزمن. أما إذا كانت المسألة غير معتمدة على الزمن على سبيل المثال اللدونة Plasticity فإن هذه الخطوات الصغيرة تؤخذ في تطبيق الأحمال Loads. وفي نهاية كل تكرار يقوم برنامج Ansys بتدقيق عملية الحل أي فيما إذا كان الحل يحقق معيار التقارب Convergence Criterion المبني Built-In أو الخاص بكل نوع من أنواع التحليلات المختلفة. فإذا كان المعيار غير مقبول فإن الخطوة الأخيرة يتم تكرارها بإستخدام حجم خطوة أصغر مقارنة مع الحالة السابقة و هذه العملية تكرّر حتى يتم الحصول على النتيجة المقبولة لمعيار التقارب. أضف الى ذلك, أن هناك حدود لعدد تكرارات التقارب و عند عدم تحقيق التقارب المقبول ضمن هذه الحدود فإن برنامج Ansys يقوم بإنهاء عملية الحل. ونظراً لكون كل نوع من أنواع التحليل اللاخطي Non-Linear Analysis يكون مختلفاً فإنه لايوجد هناك جواب دقيق حول مايمكن عمله لتحسين فرص التقارب الناجح.

الفصل الرابع

المعالجة اللاحقة

POSTPROCESSING

4.1 مقدمة Introduction

بعد الحصول على الحل في جلسة برنامج Ansys بإمكان المستخدم إستعراض النتائج بإستخدام المعالج اللاحق العام General Postprocessing أو المعالج العام لتاريخ الزمن Time History Postprocessing. فإذا كانت المسألة من النوع الساكن أو الإستاتيكي Static (الحالة المستقرة Steady State) فإن المعالج اللاحق العام يعتبر المعالج الوحيد الذي يمكن إستخدامه في إستعراض النتائج. أما إذا كانت المسألة من النوع المعتمد على الزمن Time-Dependent (العابر Transient) فإن كلا المعالجين يمكن إستخدامهما بجدوى في عرض النتائج. إن المعالجات اللاحقة و عمليات المعالجة اللاحقة الشائعة سيتم مناقشتها في الفقرات التالية بشكل موجز.

4.2 المعالج اللاحق العام General Postprocessor

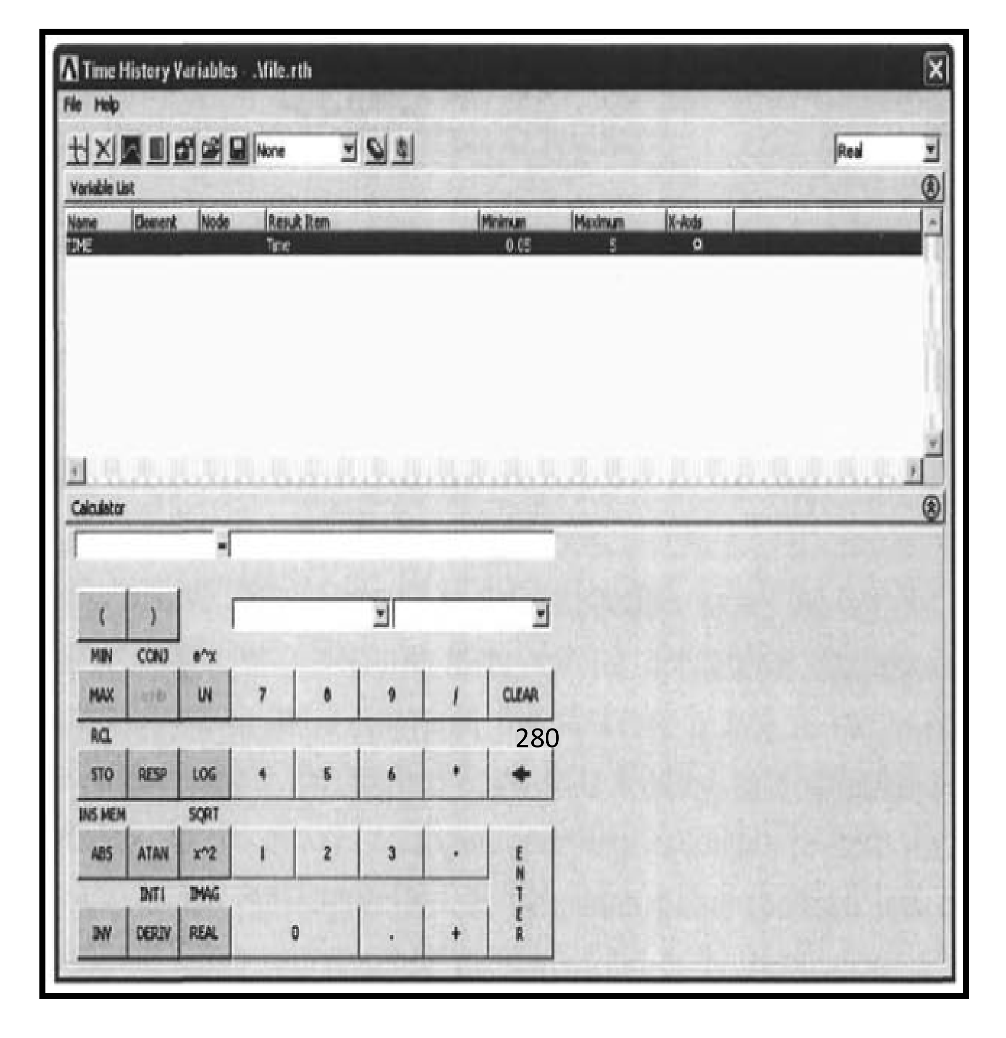
بإستخدام المعالج اللاحق العام General Postprocessor فإن نتائج الحل عند فترة زمنية معينة Specific Time (إذا كانت المسألة من النوع المعتمد على الزمن) يمكن إستعراضها. إن الخيارات المتوفرة لعرض النتائج تتضمن:

1. عرض الرسوم البيانية Graphical Display.
2. إدراج النتائج Listing of Results.

أضف الى ذلك, إمكانية إجراء الفرز Sorting و العمليات الرياضية على النتائج.

4.3 المعالج اللاحق لتاريخ الزمن Time History Postprocessor

عندما تكون المسألة من النوع المعتمد على الزمن Time-Dependent فإن تغيّر النتائج مع تغيّر الزمن عند مواقع محددة (عقد) Specified Locations (Nodes) يتم إستعراضها عادة بإستخدام المعالج اللاحق لتاريخ الزمن Time History Postprocessor و بعد الدخول الى هذا المعالج , يفتح صندوق حوار متغيرات تاريخ الزمن Time History Variables Dialog Box كما مبين في الشكل (4.1).



الشكل (4.1)

حيث يتكون هذا الصندوق من ثلاث مساحات تتضمن:

1. شريط الأدوات Toolbar.
2. المتغيرات Variables.
3. الحاسبة Calculator.

شريط الأدوات Toolbar

إن الأزرار الأربعة الأولى إبتداءاً من الجانب الأيسر تتضمن:

1. زر إضافة البيانات Add Data Button.
2. زر حذف البيانات Delete Data Button.
3. زر رسم البيانات Graph Data Button.
4. زر إدراج البيانات List Data.

زر إضافة البيانات Add Data Button

حيث يستخدم هذا الزر في تعريف المتغيرات الجديدة New Variables مثل الإزاحات Displacements , درجات الحرارة Temperatures...الخ. عند عقد محددة Specified Nodes.

زر حذف البيانات Delete Data Button

حيث يستخدم لحذف المتغيرات المعرّفة.

زر رسم البيانات Graph Data Button

بإمكان المستخدم بواسطة هذا الزر رسم تغير المتغيرات مع تغير الزمن Time Variation.

زر إدراج البيانات List Data

حيث يكون مشابهاً لزر رسم البيانات الإ أن هذا الزر يقوم بإدراج البيانات كدالة للزمن.

المتغيرات Variables

بعد تعريف المتغيرات الجديدة نلاحظ ظهورها في مساحة المتغيرات Variables Area. وفي الحالة الإفتراضية يكون الزمن Time المتغير الأول ولايمكن حذفه. و بالإضافة الى ظهور إسم المتغيرات في مساحة المتغيرات , فإن هناك معلومات حول المتغير مثل رقم عنصرالمتغير Element Number , رقم العقدة Node Number , نتيجة العنصر Result Item و مدى قيمته. و هناك زر آخر يقع في

أقصى الجانب الأيمن يمثل زر المحور-X X-Axis Button حيث يتيح هذا الزر للمستخدم إمكانية إختيار أي من المتغيرات التي سوف تظهر على المحور-X في الرسم البياني.

4.4 قراءة النتائج Read Results

إن النتائج التي يتم الحصول عليها من خلال معالج الحل Solution Processor يتم حفظها عادة في ملفات تسمى ملفات النتائج Results Files حيث أن:

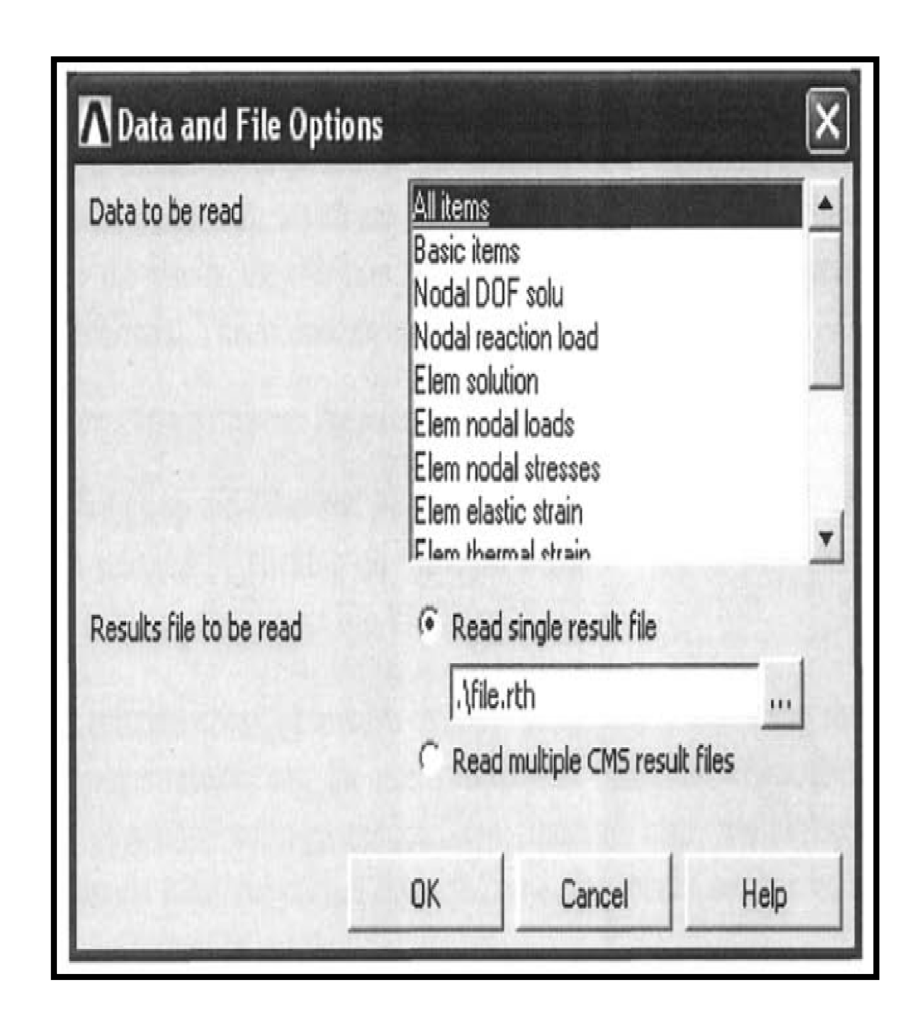
1. jobname.rst: تشير الى نتائج التحليل الإنشائي (التركيبي) Structural Analysis.
2. jobname.rth : تشير الى نتائج التحليل الحراري Thermal Analysis.
3. jobname.rfl : تشير الى نتائج مسائل الموائع Fluid Problems.

و هذه الملفات تخزن عادة في دليل العمل Working Directory. ولكي يقوم المستخدم بإستعراض النتائج فإنه يحتاج الى إستخدام دليل برنامج Ansys Guide Ansys لكي يتم إختيار ملف النتائج الصحيحة. و هذا يتحقق بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Data & File Opts

حيث يؤدي ذلك الى فتح صندوق حوار خيارات الملف و البيانات Data and File Options المبين في الشكل (4.2). ويتم إختيار ملف النتائج File Results بواسطة النقر على زر التصفّح Browse Button أي الزر الحاوي على ثلاث نقاط Three Dots Button. و بعد إختيار الملف الصحيح يتم النقر على الزر موافق OK. فإذا كان الحل لايتضمن خطوات فرعية متعددة Multiple Substeps و خطوات حمل Load Steps فإن هناك مجموعة نتائج واحدة One Results Set يمكن للمستخدم إستعراضها و مراجعتها. أما إذا كان الحل يتضمن خطوات فرعية متعددة و خطوات حمل فإن هناك العديد من مجاميع النتائج و هنا يجب أن يقوم المستخدم بإختيار المجموعة المطلوبة. و هناك عدة خيارات لمجاميع النتائج تتضمن:

1. المجموعة الأولى First Set.
2. المجموعة التالية (اللاحقة) Next Set.
3. المجموعة السابقة Previous Set.
4. المجموعة الأخيرة Last Set.
5. القراءة بواسطة الإنتقاء Read By Pick.
6. القراءة بواسطة رقم خطوة الحمل Read By Load Step.
7. القراءة بواسطة الزمن Read By Time.



الشكل (4.2)

المجموعة الأولى First Set

حيث يتم قراءة النتائج المرتبطة بالمجموعة الأولى المتوفرة في قاعدة البيانات بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Read Results>First Set

المجموعة التالية (اللاحقة) Next Set

حيث يتم قراءة النتائج المرتبطة بالمجموعة المتوفرة مباشرة بعد المجموعة الحالية Current Set أي التي تلي المجموعة الحالية في قاعدة البيانات بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Read Results>Next Set

المجموعة السابقة Previous Set

أي يتم قراءة النتائج المرتبطة بالمجموعة المتوفرة مباشرة قبل المجموعة الحالية (تسبق المجموعة الحالية) في قاعدة البيانات بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Read Results>Previous Set

المجموعة الأخيرة Last Set

يتم فيها قراءة النتائج المرتبطة بالمجموعة الأخيرة المتوفرة في قاعدة البيانات بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Read Results>Last Set

القراءة بواسطة الإنتقاء Read By Picking

حيث يستخدم مسار القائمة التالي لهذا الغرض:

Main Menu>General PostProc>Read Results>By Pick

حيث يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح صندوق الحوار المبين في في الشكل (4.3). يقوم هذا الصندوق بإدراج مجاميع النتائج. و هنا يجب أن يقوم المستخدم بإختيار مجموعة النتائج المطلوبة و من ثم النقر على الزر إقرأ Read و الزر إغلاق Close و ذلك لقراءة النتائج في قاعدة البيانات.

القراءة بواسطة رقم خطوة الحمل Read By Load Step Number

حيث يتم قراءة النتائج المرتبطة بخطوة الحمل المحددة Specific Load Step و الخطوة الفرعية Substep في قاعدة البيانات بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Read Results>By Load Step

إن هذا المسار يؤدي الى فتح صندوق حوار قراءة النتائج بواسطة رقم خطوة الحمل Read Results By Load Step Dialog Box كما مبين في الشكل (4.4).

Results File: file.rth

Available Data Sets:

Set	Time	Load Step	Substep	Cumulative
1	5.00000E-02	1	1	1
2	0.10000	1	2	2
3	0.15000	1	3	3
4	0.20000	1	4	4
5	0.25000	1	5	5
6	0.30000	1	6	6
7	0.35000	1	7	7
8	0.40000	1	8	8
9	0.45000	1	9	9
10	0.50000	1	10	10
11	0.55000	1	11	11
12	0.60000	1	12	12
13	0.65000	1	13	13
14	0.70000	1	14	14
15	0.75000	1	15	15
16	0.80000	1	16	16

Read Next Previous

Close Help

الشكل (4.3)

Read Results by Load Step Number

[SET] [SUBSET] [APPEND]

Read results for — Entire model

LSTEP Load step number — 1

SBSTEP Substep number — LAST

FACT Scale factor — 1

OK Cancel Help

الشكل (4.4)

وفي هذا الصندوق يقوم المستخدم بتحديد رقم خطوة الحمل Load Step Number في المجال LSTEP ورقم الخطوة الفرعية Substep Number في المجال SBSTEP ضمن خطوة الحمل المعينة و من ثم النقر على الزر موافق OK و ذلك لقراءة النتائج في قاعدة البيانات.

القراءة بواسطة الزمن Read By Time

حيث يتم قراءة النتائج المرتبطة بقيمة الفترة الزمنية المحددة أو التكرار Specific Time or Frequency Value في قاعدة البيانات بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Read Results>By Time/Freq

حيث يؤدي هذا المسار الى فتح صندوق حوار قراءة النتائج بواسطة الزمن أو التكرار Read Results By Time or Frequency Dialog Box كما مبين في الشكل (4.5). حيث يقوم المستخدم بتحديد قيمة الزمن (أو التكرار) في المجال TIME Value of time or freq و من ثم النقر على الزر موافق OK و ذلك لقراءة النتائج في قاعدة البيانات عند تلك القيمة من الفترة الزمنية (أو التكرار).

4.5 رسم النتائج Plot Results

بعد قراءة مجموعة النتائج المطلوبة في قاعدة البيانات فإن النتائج يمكن إستعراضها من خلال الرسوم البيانية. أما أنواع الرسوم البيانية فإنها تتضمن:

1. الأشكال المشوهة (تحليل إنشائي) Deformed Shapes (Structural Analysis).
2. الرسوم الكفافية (الكنتورية) Contour Plots.
3. رسومات المتجه (تحليل حراري) Vector Displays (Thermal Analysis).
4. رسومات المسار Path Plots.

Read Results by Time or Frequency

Read Results by Time or Frequency

[SET] [SUBSET] [APPEND]

Read results for — Entire model

TIME Value of time or freq

LSTEP Results at or near TIME — At TIME value

FACT Scale factor — 1

ANGLE Circumferential location

- for harmonic elements

OK Cancel Help

الشكل (4.5)

الأشكال المشوهة Deformed Shapes

إن الشكل المشوّه Deformed Shape في حالة التحليلات الإنشائية (التركيبية) Structural Analyses و الذي ينتج من الأحمال المسلّطة و الشروط الحدودية يمكن إظهاره من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Plot Results>Deformed Shape

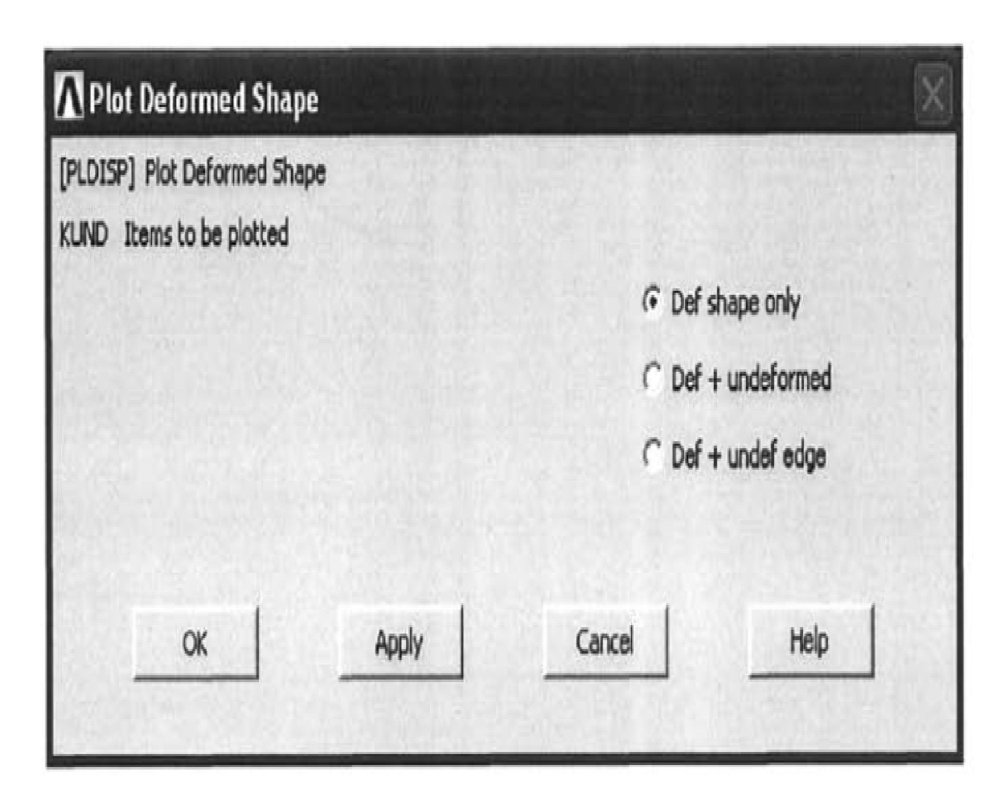
و هذا المسار يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار رسم الأشكال المشوّهة Plot Deformed Shape Dialog Box كما مبين في الشكل (4.6). حيث بإمكان المستخدم أن يختار النمط المناسب من الأنماط الثلاثة المتوفرة التي تتضمن:

1. عرض الشكل المشوّه فقط Display Deformed Shape Only.

2. عرض الأشكال المشوّهة و الغير مشوّهة معاً Display Deformed and Undeformed Shapes Together.

3. عرض الشكل المشوّه مع الحد (الحافة) الخارجية للشكل الغير مشوّه Display Deformed Shape with The Outer Boundary (Edge) of The Undeformed Shape.

و بعد أن يقوم المستخدم بإختيار النمط المناسب فإن النقر على الزر موافق OK يؤدي الى ظهور الشكل المشوّه Deformed Shape في نافذة الرسومات.



الشكل (2.6)

الرسوم الكفافية (الكنتورية) Contour Plots

يمكن الحصول على الرسوم الكفافية (الكنتورية) بإستخدام أحد المسارات التالية:

Main Menu>General PostProc>Contour Plot>Nodal Solu

Main Menu>General PostProc> Contour Plot >Element Solu

حيث يؤدي ذلك الى فتح صندوق حوار الرسم الكنتوري العقدي (العنصر) لبيانات الحل Contour Nodal (Element) Solution Data Dialog Box كما مبين في الشكل (4.7).

Contour Nodal Solution Data

[PLNSOL] Contour Nodal Solution Data

Item,Comp Item to be contoured

DOF solution
Flux & gradient
Contact

Temperature TEMP

Temperature TEMP

KUND Items to be plotted

Def shape only
Def + undeformed
Def + undef edge

[/EFACET] Interpolation Nodes

1 Corner only
2 Corner + midside
4 All applicable

OK Apply Cancel Help

الشكل (4.7)

و نلاحظ في صندوق الحوار أعلاه, أن المجال الأول و الثاني يحدد الكمية المراد رسمها و هذه المجالات تتضمن:

1. درجة الحرية للحل (الإزاحات , درجة الحرارة...الخ) Degree of Freedom (DOF) Solution (Displacements, Temperatures,...etc).
2. الكميات المشتقة (الإجهادات , الإنفعالات , الدفق...الخ) Derived Quantities (Stresses, Strains, Flux,...etc).

و بعد أن يختار المستخدم الإختيار المناسب فإن النقر على الزرموافق OK يؤدي الى عرض الرسم الكفافي (الكنتوري) في نافذة الرسومات Graphic Window.

رسومات المتجه Vector Displays

يمكن الحصول على رسومات المتجه بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Plot Results>Vector Plot>Predefined

حيث يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح صندوق حوار رسم المتجه للمتجهات المعرّفة مسبقاً Vector Plot of Predefined Vectors Dialog Box. و بشكل مشابه للرسوم الكفافية (الكنتورية) فإن صندوق الحوار هذا يتضمن وجود مجالين لتحديد الكمية المراد رسمها. و بعد أن يقوم المستخدم بإختيار الإختيار المناسب فإن النقر على الزر موافق OK

يؤدي الى ظهور رسم المتجه Vector Plot في نافذة الرسومات Graphics Window.

رسومات المسار Path Plots

بإستخدام المعالج اللاحق لبرنامج Ansys فإنه بإمكان المستخدم الحصول على رسومات بيانية للخط Line المحدّد على طول مسار معين Path. إن رسومات المسار تتطلب إتباع الخطوات التالية:

1. تعريف المسارات Defining Paths.
2. تمثيل الكميات في المسارات Mapping Quantities onto Paths.
3. رسم الكميات على الرسم البياني أو على الشكل الهندسي للنموذج Plotting Quantities on Graphs or Geometry.

تعريف المسارات Defining Paths

و هذا يمكن أن يتم بعدة طرق أهمها إستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Define Path>By Nodes

و هذا المسار يؤدي بدوره الى ظهور قائمة الإنتقاء Pick Menu للعقد Nodes التي تعرّف المسار المراد إنتقائه. و بعد النقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء , يفتح صندوق حوار يطلب من المستخدم

إدخال مواصفات المسار Path Specifications مثل إسم المسار الذي يعرّف من قبل المستخدم User Defined Name of Path و عدد التقسيمات مابين نقاط البيانات Number of Divisions Between Data Points. إن النقر على الزر موافق OK في صندوق الحوار يؤدي الى إنهاء مهمة تعريف المسار.

تمثيل الكميات في المسارات Mapping Quantities onto Paths

بعد تعريف المسارات, فإن الكميات التي تهمنا يمكن تمثيلها على المسارات المحددة بإستخدام مسار القائمة التالتي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Map onto Path

و هذا المسار يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار تمثيل عناصر النتيجة على المسار Map Result Items onto Path Dialog Box. حيث أن المستخدم يقوم بتحديد تسمية مميزة Unique Label لعنصر النتيجة , و بعد ذلك يؤدي النقر على الزر موافق OK الى إتمام عملية تمثيل الكميات على المسار Mapping Operations.

رسم الكميات على الرسم البياني أو على الشكل الهندسي للنموذج

Plotting Quantities on Graphs or Geometry

إن الكميات التي يتم تمثيلها على المسار المعرّف يمكن رسمها على الرسم البياني Graph أو على الشكل الهندسي للنموذج Geometry بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Plot Path Item>On Graph

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Plot Path Item>On Geometry

و هذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار رسم عناصر المسار على الرسم البياني (أو الشكل الهندسي) Plot of Path Items on Graph (or Geometry) Dialog Box. حيث يقوم المستخدم بإختيار عنصر المسار Path Item المراد رسمه من قائمة عناصر المسار المعرّفة Defined Path Items و بعد النقر على الزر موافق OK يظهر الرسم في نافذة الرسومات Graphics Window.

4.6 جداول العنصر Element Tables

كما هو معروف في برنامج Ansys , كل نوع من العنصر Element Type , له العديد من الكميات المخرجة Output Quantities المتوفرة بعد إتمام عملية الحل. و على الرغم من أن هذه الكميات تعرض أسمائها ضمن المعالجات اللاحقة Postprocessor إلا أن بعضها لايمكن الوصول إليه بشكل مباشر. و هنا يحتاج المستخدم الى

بعض الخطوات الإضافية لغرض الوصول إليها. من هنا, الهدف الأساسي من إستخدام جداول العنصر Element Tables هو تحقيق إمكانية الوصول الى عناصر النتيجة Results Items. و الدور المهم الآخر من إستخدام جداول العناصر هو أنها تمكّن المستخدم من أداء العمليات الجسابية Arithmetic Operations على عناصر النتيجة. إن جداول العنصر يمكن تعريفها بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Element Table>Define Table

و هذا المسار يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار بيانات جدول العنصر Element Table Data Dialog Box كما مبين في الشكل (4.8).


Element Table Data
Currently Defined Data and Status:
Label
Item
Comp
Time Stamp
Status
NONE DEFINED
Add...
Update
Delete
Close
Help

الشكل (4.8)

و لكي يقوم المستخدم بإضافة عناصر جديدة New Items الى جدول العنصر , فإن ذلك يتطلب النقر على الزر إضافة Add Button و هذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار تعريف العناصر الإضافية لجدول العنصر Define Additional Element Table Items Dialog Box كما مبين في الشكل (4.9).

Define Additional Element Table Items

[ETABLE] Define Additional Element Table Items

Lab User label for item

Item,Comp Results data item

DOF solution
Flux & gradient
Nodal force data
Energy
Error estimation
Geometry
By sequence num

Temperature TEMP

Temperature TEMP

(For "By sequence num", enter sequence
no. in Selection box. See Table 4.xx-3
in Elements Manual for seq. numbers.)

OK Apply Cancel Help

و بعد أن يقوم المستخدم بإختيار كمية النتيجة Result Quantity و تحديد التسمية لها أي User Label for Item فإن النقر على الزر موافق OK يؤدي الى إتمام مهمة تعريف العنصر في جدول العنصر Element Table Item Definition. و لغرض توضيح كيفية إستخدام جداول العنصر , نأخذ مثالاً ندرس فيه نوع العنصر Element Type :PLANE55. الجدول (4.1) يبين الكميات المخرجة Output Quantities التي نحصل عليها من هذا النوع من العناصر أي PLANE55.

الجدول (4.1)

الكميات المخرجة Output من نوع العنصر PLANE55

الإسم Name	التعريف Definition
EL	Element Number
NODES	Nodes, I,J,K,L
MAT	Material Number

Definition التعريف	Name الإسم
Volume	VOLU
Locations where results are reported	XC,YC
Heat Generation HG(I), HG(J),HG(K), HG(L)	HGEN
Thermal Gradient Components and Vector Sum at Centroid	TG,X,Y,SUM
Thermal Flux(heat flow rate/cross-sectional area) Components and vector sum at centroid	TF,X,Y,SUM
Face label	FACE
Face area	AREA
Face nodes	NODES
Film coefficient at each node of face	HFILM
Bulk temperature at each node of face	TBULK
Average face temperature	TAVG

Definition التعريف	Name الإسم
Heat flow rate across face by convention	HEAT RATE
Average film coefficient of the face	HFAVG
Heat flow rate /area across face by convention	TBAVG
Heat flux at each node	HEAT RATE/AREA

أما الجدول (4.2) فإنه يدرج كميات النتائج Result Quantities التي يمكن الوصول إليها من خلال جدول العنصر.

الجدول (4.2)

الكميات التي يمكن الحصول عليها من جدول العنصر

إسم الكمية المخرجة Output Quantity Name	إدخال جدول العنصر Element Table Input				
	Item	FC1	FC2	FC3	FC4
Area	NMISC	1	7	13	19
HFAVG	NMISC	2	8	14	20
TAVG	NMISC	3	9	15	21
TBAVG	NMISC	4	10	16	22
HEAT RATE	NMISC	5	11	17	23
HFLXAVG	NMISC	6	12	18	24

على سبيل المثال, معدل إنسياب الحرارة لكل وحدة مساحة Heat Flow/Unit Area عبرأوجه العنصر و الناتج من الدفق الحراري الداخل Input Heat Flux الذي يرمز له بالرمز HFLXAVG في

الجداول (4.1 و 4.2) يكون تعريفه متوفراً في جداول العنصر , ففي الجدول (4.2) , عنصر التوافق (الملائمة) Matching Item لهذه الكمية الذي يرمز له بالرمز NMISC يكون معرفاً من خلال الأرقام 6 , 12 , 18 ,24 المناظرة للأوجه المختلفة للعنصر. و لكي يتم خزن HFLXAVG في الوجه الرابع من كل عنصر 4Th Face of Each Element يتم التوجه الى صندوق حوار تعريف العناصر الإضافية في جدول العنصر Define Additional Element Table Items Dialog Box و من ثم يتم إختيار By Sequence Num أي بواسطة تسلسل الرقم من خلال القائمة اليسرى في صندوق الحوار و NMISC من خلال القائمة اليمنى. إن إدخال الرقم (24) في مجال النص Text Field الموجود تحت القائمة اليمنى سوف يضمن أن HFLXAVG (الذي سوف يكون عند الوجه الرابع من كل عنصر) سوف يخزن في جدول العنصر. و يمكن رسم Plot و إدراج List جداول العنصر Element Tables من خلال إتباع المسارات التالية:

Main Menu>General PostProc>Element Table>Plot Elem Table

Main Menu>General PostProc>Element Table>List Elem Table

هذا و يمكننا إجراء العمليات الحسابية ضمن كل عمود أو مابين الأعمدة في جداول العنصر. و الأمثلة حول هذه العمليات تتضمن:

1. إيجاد القيمة المطلقة Absolute Values.

2. إيجاد المجموع في جداول العنصر Sum of Each Element Table Item.

3. الإضافة و الضرب في جدول العنصر Multiplying Element Table Items.

4.6 إدراج النتائج List Results

إن نتائج الحل لبرنامج Ansys يمكن إستعراضها من خلال القوائم Lists. و على الرغم من أن هناك العديد من الخيارات المختلفة لإدراج النتائج بواسطة المعالج اللاحق Preprocessor , سيتم هنا التطرق الى خيارين فقط تتضمن:

1. الحلول العقدية Nodal Solutions.
2. حلول العنصر Element Solution.

الحلول العقدية Nodal Solutions

لغرض إدراج النتائج المحسوبة عند العقد Nodes يتم إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>List Results>Nodal Soul

حيث يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح صندوق حوار إدراج الحل العقدي List Nodal Solution Dialog Box. وبعد أن يقوم المستخدم بتحديد الخيار لكميات النتائج المراد إستعراضها , فإن النقر على الزر

موافق OK يؤدي الى ظهور قائمة الحل العقدي Nodal Solution List في نافذة منفصلة.

حلول العنصر Element Solutions

بشكل مشابه لإدراج الحلول العقدية , يمكن إدراج نتائج العنصر بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>List Results>Element Soul

حيث أن إستخدام هذا الخيار يكون مشابهاً لإستخدام خيار قوائم الحل العقدي Nodal Solution Lists.

الفصل الخامس

تطبيقات هندسية حول التحليل الإنشائي (التركيبي)

ENG. APPL.S IN STRUCTURAL ANALYSIS

5.1 مقدمة Introduction

إن التحليل الإنشائي (التركيبي) Structural Analysis ربما يمثل أغلب التطبيقات الشائعة التي يتم فيها إستخدام طريقة العناصر المحددة Finite Element Method (FEM). إن مصطلح إنشائي (تركيبي أو بنائي) Structural (إنشاء, بناء أو تركيب Structure) لايشير الى تراكيب الهندسة المدنية Civil Engineering Structures فقط مثل الجسور Bridges أو الأبنية Buildings و إنما يتضمن أيضاً :

1. التراكيب البحرية Naval Structures.
2. تراكيب الطيران Aeronautical Structures.
3. التراكيب الميكانيكية Mechanical Structures مثل:
   a) هياكل السفن Ship Hulls.
   b) هياكل الطائرات Aircraft Bodies.
   c) هياكل المكائن Machines Housings.

بالإضافة الى الأجزاء الميكانيكية الأخرى مثل:

a) المكابس Pistons.
b) أجزاء المكائن Machines Parts.
c) العدد Tools.

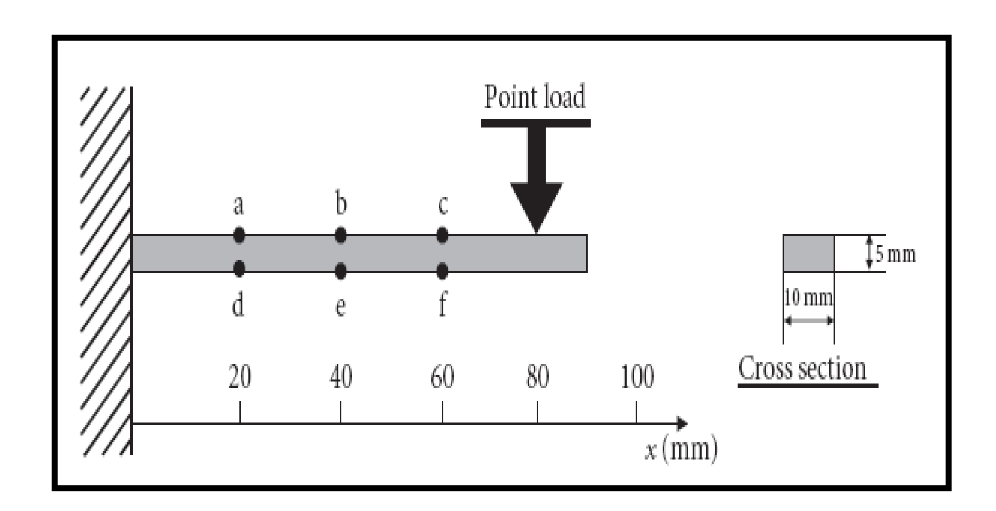
و بهذا الخصوص سيتم التطرق الى التطبيقات التالية:

1. إنحناء العتبة الكابولية Bending of a Cantilever Beam.
2. التحليل الإنشائي للصفيحة الحاوية على ثقب دائري Structural Analysis of a Plate with a Circular Hole.

5.2 إنحناء العتبة الكابولية Bending of a Cantilever Beam

في هذا التطبيق سيتم إستخدام طريقة التحليل بواسطة العناصر لمحددة Finite Element Method (FEM) للعتبة الكابولية الثنائية الأبعاد 2-D Cantilever Beam المبينة في الشكل (5.1) و من ثم سيتم تحديد:

1. قيمة التشوه Deflection للعتبة عند نقطة الحل Loading Point.
2. توزيع الإجهاد الطولي في العتبة Longitudinal Stress Distribution in Beam.



الشكل (5.1)

5.2.1 وصف المسألة Problem Description

حيث يتضمن مايلي:

1. الشكل الهندسي Geometry:

a) الطول (l) Length l=90 mm.

b) الإرتفاع (h) Height h=5 mm.

c) السمك (b) Thickness b= 10 mm.

2. المادة Material

فولاذ طري (مطاوع) Mild Steel , له معامل مرونة (معامل يونك) Young's Modulus مقداره E=210 GPa و نسبة بويزن Poisson's Ratio مقدارها $v=0.3$.

3. الشروط الحدودية Boundary Conditions

العتبة مثبتة بواسطة جدار جسوء Rigid Wall من الطرف الأيسر و تخضع الى حمل مقداره P=100 N عند X= 80 mm.

5.2.1.1 مراجعة الحلول الناتجة من نظرية العتبة

Review The Solutions Obtained by The elementary Beam Theory

قبل الخوض في تحليل العناصر المحددة FEM Analysis للعتبة , دعنا نراجع حلول هذه المسألة بإستخدام نظرية العتبة الأساسية و كمايلي:

1. حساب أقصى تشوه للعتبة Maximum Deflection of Beam (δ_{max})

حيث يتم ذلك من خلال إستخدام المعادلة التالية:

$$\delta_{max} = \frac{pl_1^3}{3EI}\left(1+\frac{3l_1}{l_2}\right) \qquad (5.1)$$

حيث أن:

l_1(=80 mm) : يمثل المسافة من نقطة تسليط الحمل الى الجدار الجسوء (المسافة مابين نقطة تسليط الحمل و الجدار الجسوء).

و أن ($l_2=l-l_1$) حيث أن l =طول العتبة Beam Length (90 mm).

2. حساب أقصى إجهاد شد للعتبة Maximum Tensile Stress $\sigma_{max}(x)$

إن أقصى إجهاد شد عند مسافة مقدارها (X) أي $\sigma_{max}(x)$ في الإتجاه الطولي Longitudinal Direction يظهر عند السطح العلوي Upper Surface من العتبة في المقطع العرضي عند مسافة (X) من

$$\sigma_{max}(x) = \begin{cases} \frac{p(l_1-x)}{I}\frac{h}{2} & (0 \le x \le l_1) \\ 0 & (0 \le x) \end{cases} \qquad (5.2)$$

الجدار:

حيث أن:

Length (l) =90 mm

Height (h) =5 mm

Thickness (b) =10 mm

E=Modulus of Elasticity=210 GPa

I=Area Moment of Inertia of the cross section of the beam.

أي أن (I) =مساحة عزم القصور الذاتي للمقطع العرضي للعتبة. و بالنسبة للعتبة التي لها مقطع عرضي مستطيل Rectangle Cross Section و إرتفاع (h) و سمك (b) يمكن حساب قيمة (I) من المعادلة التالية:

$$I = \frac{bh^3}{12} \tag{5.3}$$

5.2.2 خطوات التحليل Analysis Procedures

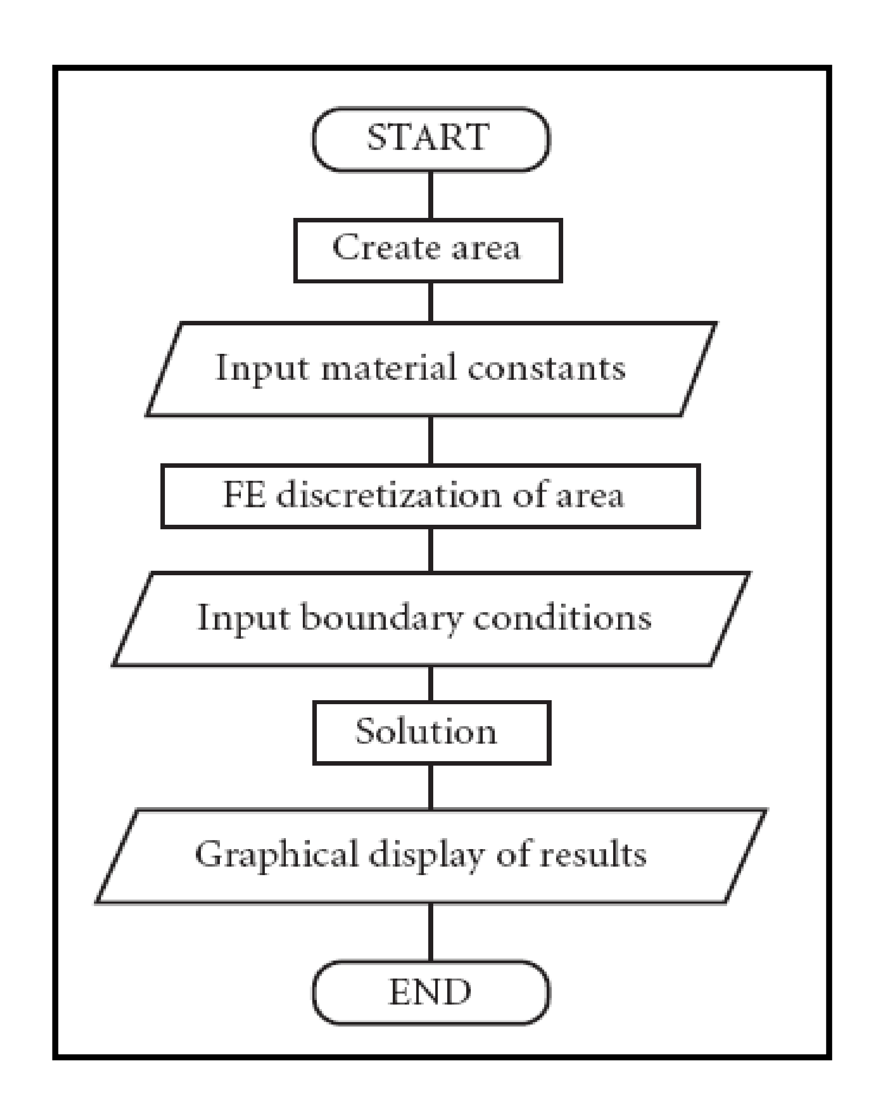
الشكل (5.2) يبين كيفية إجراء التحليل الإنشائي (التركيبي) Structural Analysis بإستخدام طريقة العناصر المحددة (FEM) بواسطة برنامج Ansys. و لحل المسألة أعلاه بإستخدام طريقة (FEM) سوف يتم إتباع المخطط الإنسيابي Flowchart المبين في الشكل (5.2).

5.2.2.1 إنشاء النموذج التحليلي (نموذج التحليل)

Creation of an Analytical Model

حيث يتضمن مايلي:

1. إنشاء شكل العتبة المستخدم في التحليل Creation of Beam Shape to Analyze.
2. إدخال الشكل الهندسي للعتبة لإستخدامه في التحليل Input of the Beam Geometry to Analyze.



الشكل (5.2)

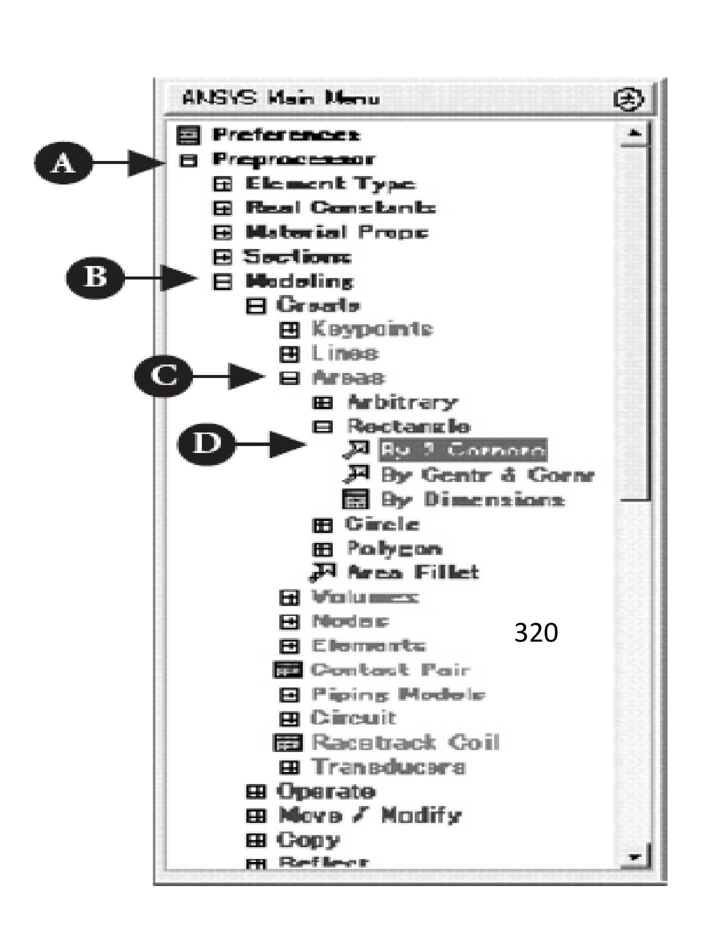
إنشاء شكل العتبة المستخدم في التحليل

Creation of Beam Shape to Analyze

هنا سيتم تحليل العتبة المستطيلة و الرقيقة Rectangle Slender Beam المكونة من الأبعاد التالية:

1. الإرتفاع Height (h) 5 mm (0.005m).
2. الطول Length (*l*) 90 mm (0.09m).
3. العرض Width (b) 10 mm (0.01m).

كما مبين في الشكل (5.3).



الشكل (5.3)

الشكل (5.3) يبين نافذة القائمة الرئيسية لبرنامج Ansys Ansys Main Menu Window حيث نجد أن خيارات الأوامر مرتبة بشكل طبقات Layered Command Options و تشبه من هذه الناحية نافذة مشتكشف مايكروسوفت للمجلدات Microsoft® Explorer Folder Window. ولغرض التحضير لإنشاء العتبة Beam , فإنه يجب إتباع الخطوات التالية:

1. النقر [A] على مجلد المعالج السابق Preprocessor و ذلك لفتح قوائمه الفرعية في النافذة الرئيسية لبرنامج Ansys كما مبين في الشكل (5.3).
2. النقر [B] على مجلد النمذجة Modeling و ذلك لفتح قوائمه الفرعية و إختيار القائمة إنشاء Create.
3. النقر [C] على المجلد مساحات Areas و ذلك لفتح قوائمه الفرعية و إختيار قائمة مستطيل Rectangle Menu.
4. النقر [D] على قائمة إستخدام زاويتين By 2 Corner.

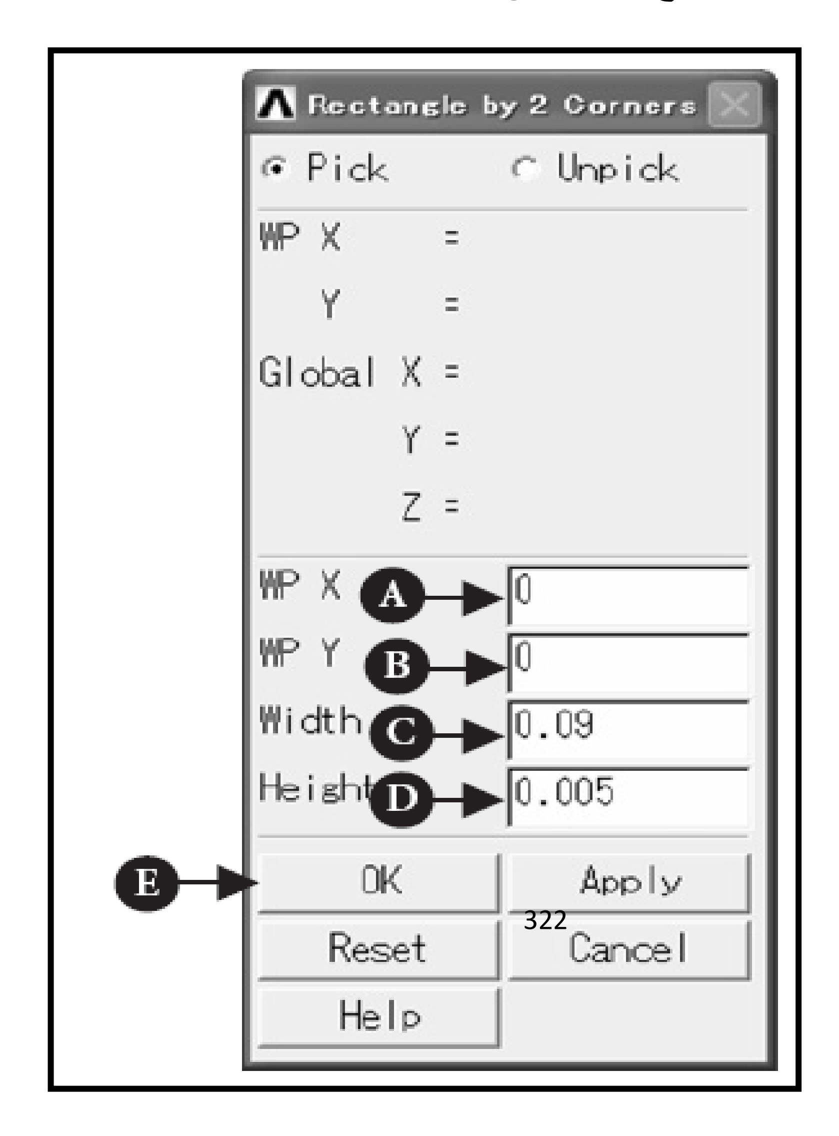
بعد تنفيذ العمليات أعلاه , تظهر نافذة الحصول على الشكل المستطيل بإستخدام زاويتين Rectangle By 2 Corner كما مبين في الشكل (5.4) , حيث يتم من خلالها إدخال أبعاد الشكل الهندسي للعتبة المستطيلة.

إدخال الشكل الهندسي للعتبة لإستخدامه في التحليل

Input of the Beam Geometry to Analyze

تتميز نـافذة الحصول على الشكل المستطيل بإستخدام زاويتين Rectangle By 2 Corner بوجود أربعة صناديق للإدخال Input-Box تتضمن:

1. صناديق إدخال إحداثيات نقطة الزاوية اليسرى السفلى للعتبة Lower Left Corner.
2. صندوق إدخال عرض العتبة Width.
3. صندوق إدخال إرتفاع العتبة Height.



الشكل (5.4)

وبالرجوع الى المثال أعلاه يمكن إدخال أبعاد العتبة المستطيلة كالآتي:

1. إدخال [A] القيمة (0) في صندوق الإدخال WPX و [B] القيمة (0) في صندوق الإدخال WPY و ذلك لتحديد الزاوية اليسرى السفلى للعتبة على نظام الإحداثيات الديكارتية لمستوى العمل Workplane.
2. إدخال [C] القيمة (0.09m) في صندوق إدخال العرض Width.
3. إدخال [D] القيمة (0.005m) في صندوق إدخال الإرتفاع Height.
4. النقر [E] على الزر موافق OK و ذلك لإنشاء المساحة المستطيلة أو نموذج شكل العتبة Beam Model و إظهارها في نافذة الرسومات لبرنامج Ansys Graphics Ansys كما مبين في الشكل (5.5).

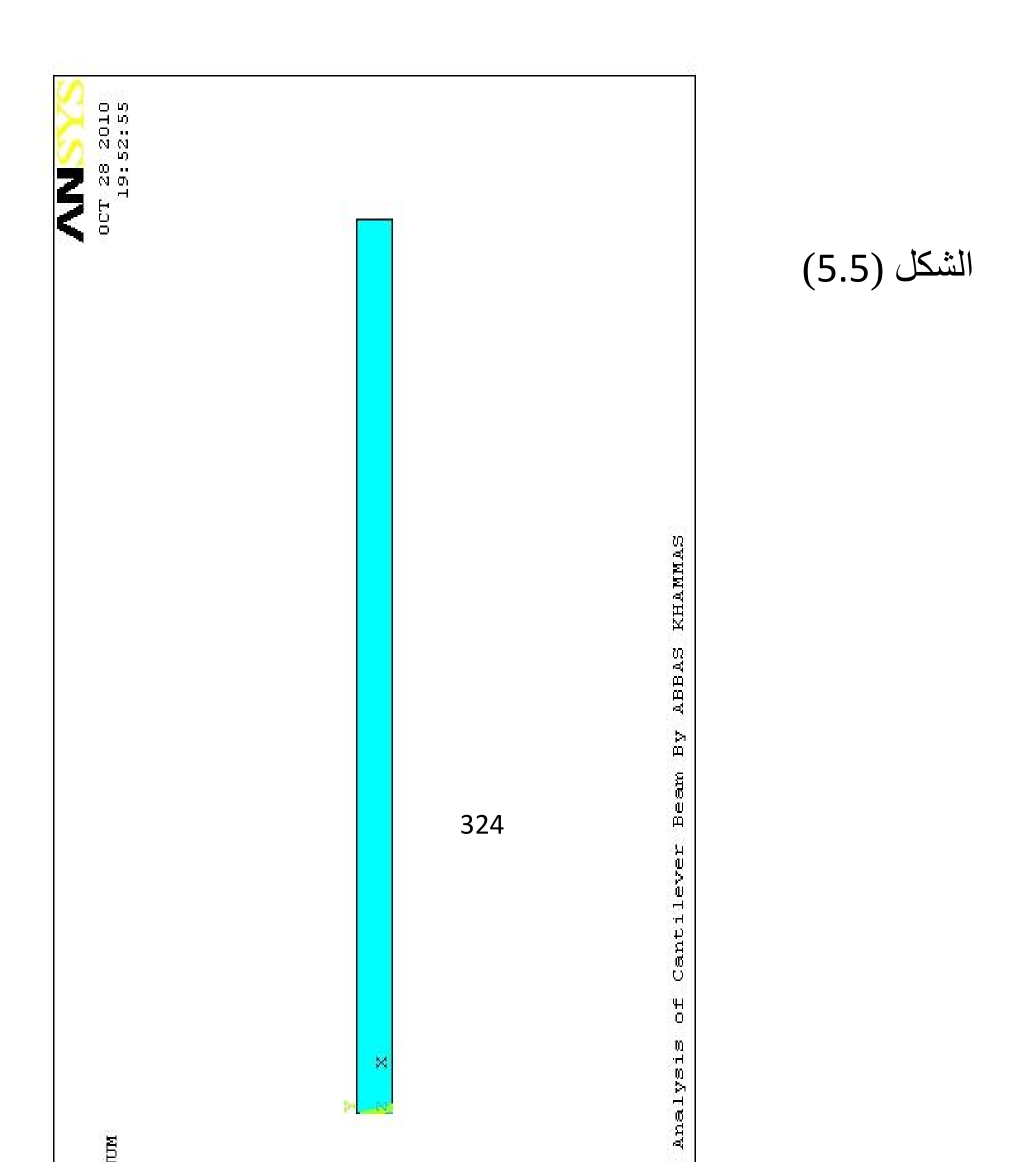
كيفية تصحيح شكل النموذج How to Correct Model Shape

في حالة تصحيح النموذج , نقوم عادة بحذف المساحة أولاً , و من ثم نكرر الخطوات (1) و (2) في أعلاه. و لكي نقوم بحذف المساحة , نتبع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Delete> Area and Below

و نتيجة لذلك تظهر نافذة حذف المساحة و ما تحتها Delete Area and Below Window كما يظهر مؤشر السهم العلوي (↑) Upward Arrow في نافذة الرسومات و من ثم نتبع الخطوات التالية:

1. نوجه السهم الى المساحة المراد حذفها و من ثم ننقر عليها بزر الفأرة الأيسر.
2. نتيجة لذلك يتحول لون المساحة من الأزرق الفاتح Light Blue الى الأحمر الوردي (اللون القرنفلي) Pink.
3. ننقر على الزر موافق OK حيث يؤدي ذلك الى حذف المساحة.



الشكل (5.5)

إدخال الخواص المرنة لمادة العتبة

Input Elastic Properties of The Beam Material

في هذه الخطوة نقوم بتحديد الثوابت المرنة Elastic Constants للعتبة. و في حالة المادة المتناظرة الخواص Isotropic Material فإن الثوابت المرنة تتضمن:

1. معامل المرونة (معامل يونك) Young’s Modulus.
2. نسبة بويزن Poisson’s ratio.

و هذه الخطوة يمكن إجراؤها في أي وقت قبل خطوة الحل Solution Procedure على سبيل المثال, بعد إعداد الشروط الحدودية Boundary Conditions. ولايمكن إجراءخطوة الحل من دون إتمام هذه الخطوة. أما عملية إدخال الخواص فإنها تتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

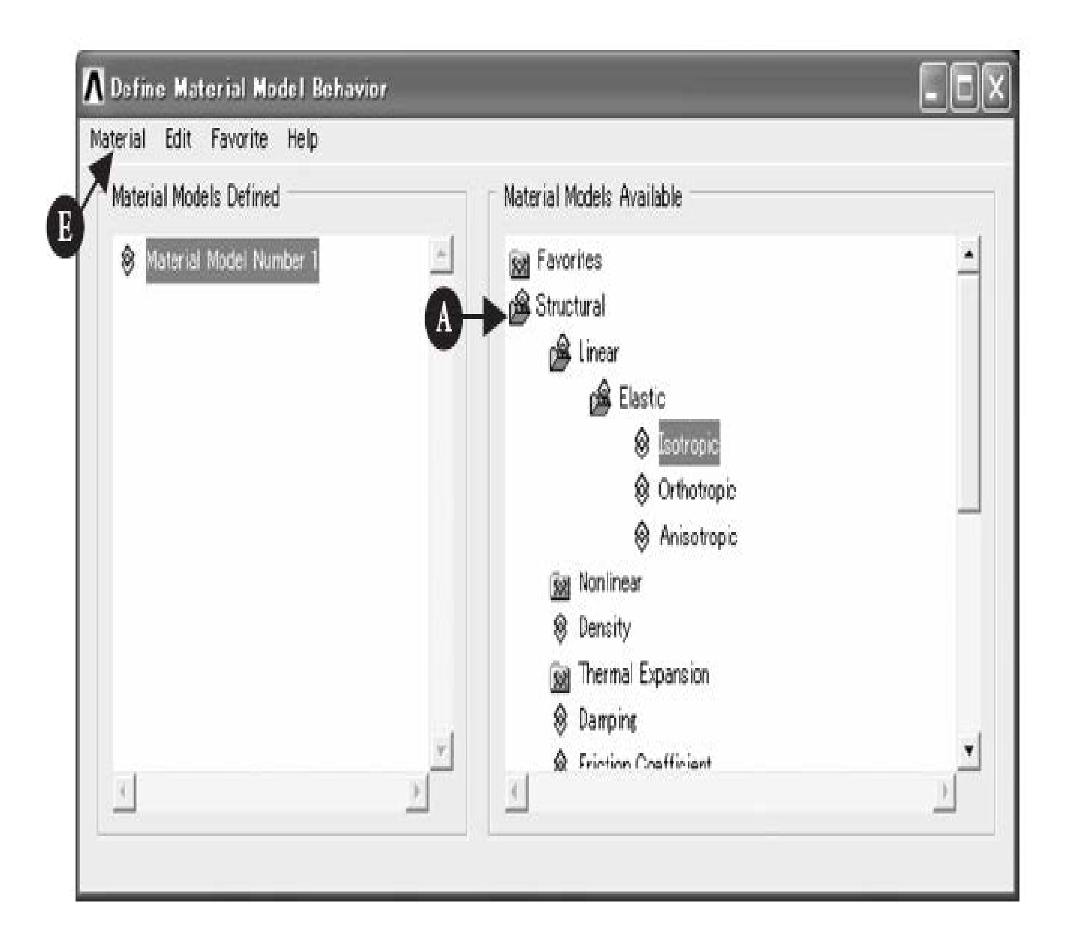
Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models

حيث تظهر نتيجة المسار أعلاه نافذة تعريف سلوك نموذج المادة Define Material Model Behavior Window كما مبين في الشكل (5.6). و من ثم نتبع الخطوات التالية:

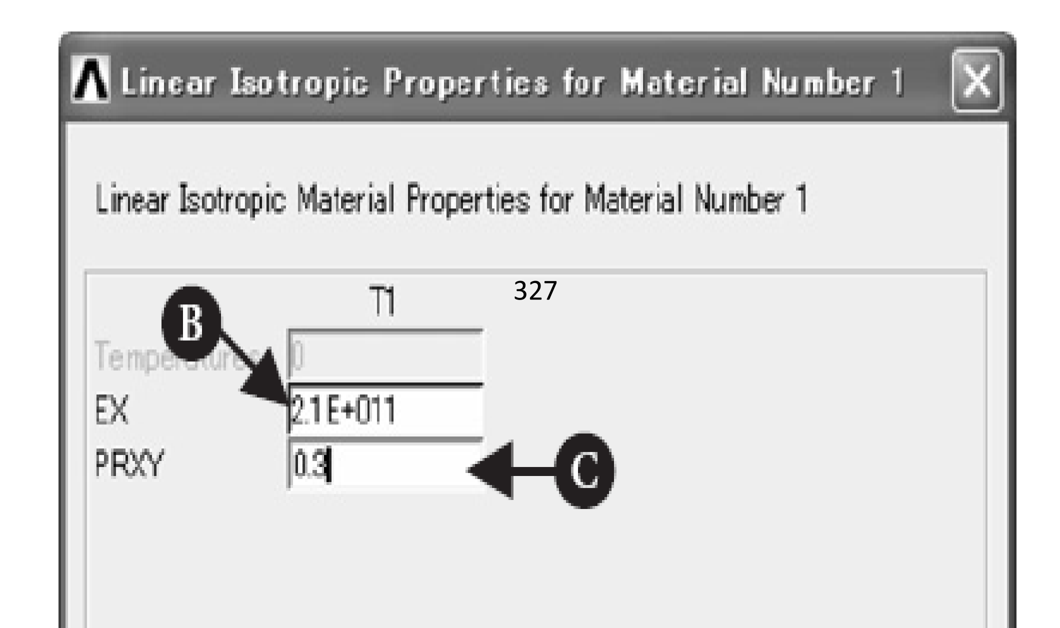
1. ننقر نقراً مزوجاً [A] على الأزرار Structural, Linear, Elastic, Isotropic واحداً تلو الآخر.

2. نقوم بإدخال قيمة معامل المرونة (2.1e11 Pa) في صندوق الإدخال [B] EX و قيمة نسبة بويزن (0.3) في صندوق الإدخال [C] PRXY و من ثم ننقر على الزر موافق [D] OK في نافذة الخواص الخطية المتناظرة بالنسبة للمادة رقم (1) كما مبين في الشكل (5.7).

3. نقوم بالخروج من نافذة تعريف سلوك نموذج المادة بواسطة إختيار خروج Exit من قائمة مادة [E] Material Menu المبينة في الشكل (5.7).


Define Material Model Behavior
Material
Edit
Favorite
Help
Material Models Defined
Material Model Number 1
Material Models Available
Favorites
Structural
Linear
Elastic
Isotropic
Orthotropic
Anisotropic
Nonlinear
Density
Thermal Expansion
Damping
A
E

الشكل (5.6)


Linear Isotropic Properties for Material Number 1
Linear Isotropic Material Properties for Material Number 1
T1
Temperature
0
EX
2.1E+011
PRXY
0.3
B
C

الشكل (5.7)

5.2.2.3 تشبيك مساحة العتبة Mesh of The Beam Area

في هذه المرحلة, سنقوم بتقسيم مساحة العتبة الى عناصر محددة Finite Elements. و الخطوات اللازمة لذلك تتضمن:

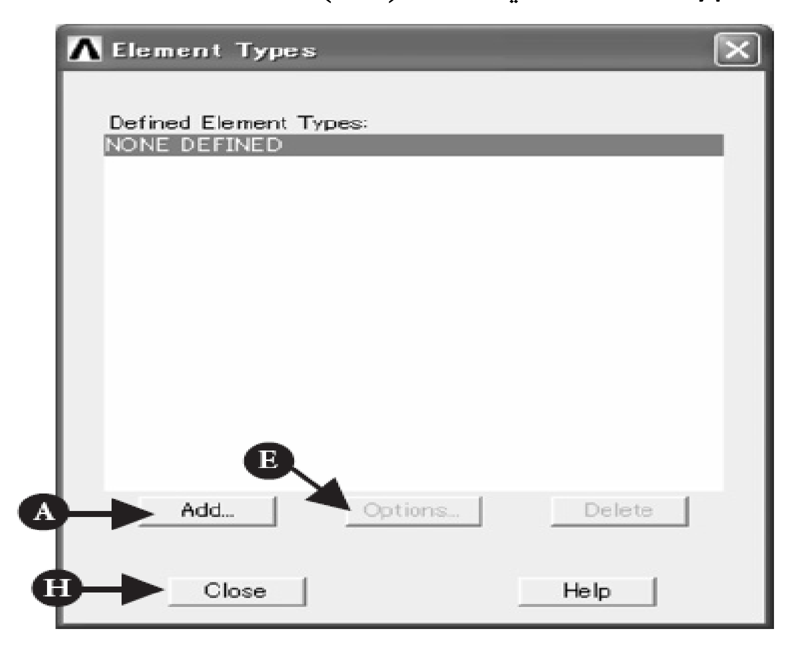
1. إختيار نوع العنصر Selection of The Element Type.
2. إدخال سمك العنصر Input of The Element Thickness.
3. تحديد حجم العناصر Sizing of Elements.
4. التشبيك Meshing.

Selection of The Element Type إختيار نوع العنصر

حيث يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/ Edit/Delete

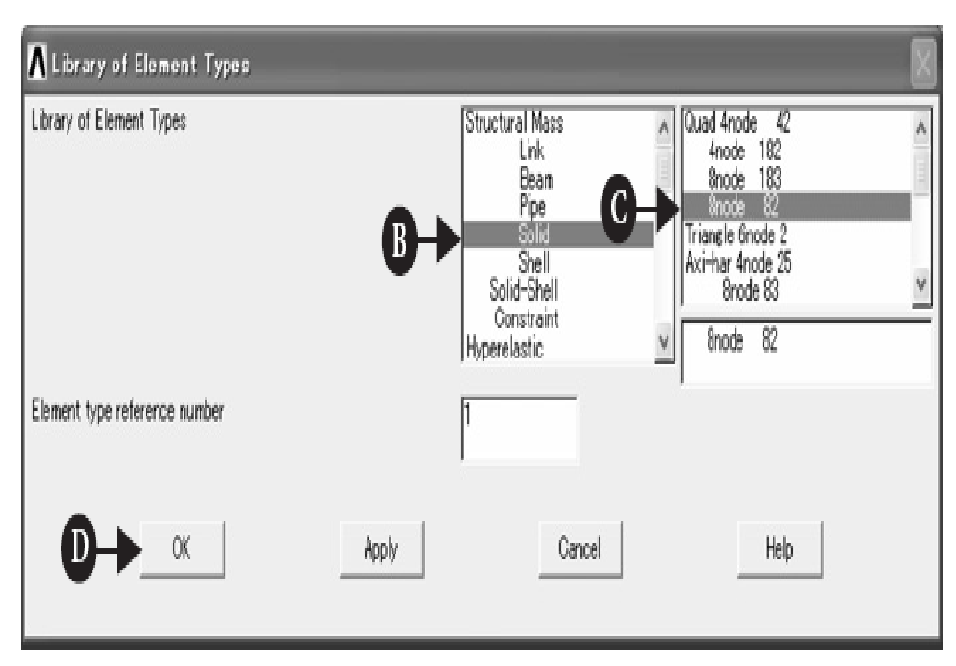
و يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح نافذة أنواع العناصر Element Types Window كما مبين في الشكل (5.8).



الشكل (5.8)

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

1. ننقر على الزر إضافة [A] Add و ذلك لفتح نافذة مكتبة أنواع العناصر Library of Elements Types المبينة في الشكل (5.9) و منها نختار نوع العنصر المطلوب.



الشكل (5.9)

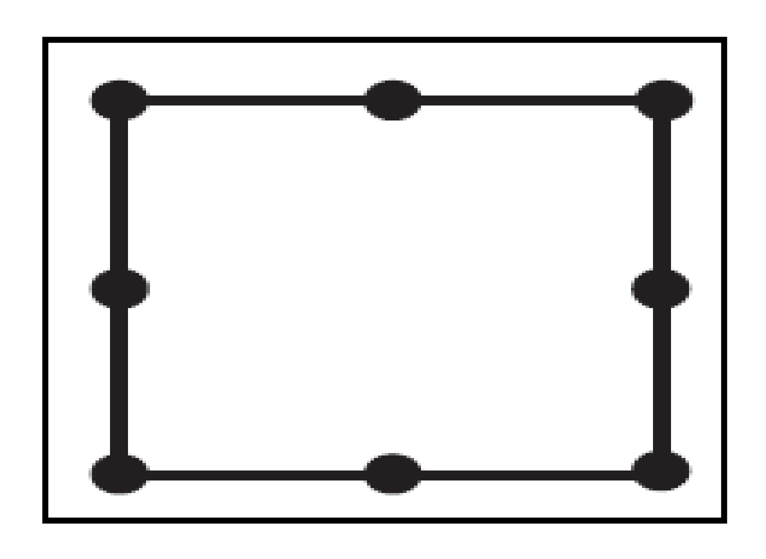
2. لإختيار نوع العنصر   8-Nodes Isoparametric نختار [B] Solid من قائمة Structural Mass.

3. ثم نختار [C] Quad 8nodes82 و ننقر على الزر موافق OK [D] و ذلك لإنهاء مهمة إختيار 8-Nodes Isoparametric .

4. ننقر على زر خيارات [E] Options في نافذة أنواع العناصر المبينة في الشكل (5.8) و ذلك لفتح نافذة خيارات نوع العنصر PLANE82 Element Type أي PLANE82 Element Type Options كما مبين في الشكل (5.10) و من ثم نختار الخيار[F] Plane strs w/thk من صندوق سلوك العنصر Element Behavior Box و بعد ذلك ننقر على الزر موافق OK و ذلك للعودة الى نافذة أنواع العناصر. بعد ذلك ننقر على الزر إغلاق [H] Close و ذلك لغلق نافذة أنواع العناصر.

الشكل (5.10)

إن العنصر 8-Nodes Isoparametric هو عبار عن عنصر مستطيل Rectangle Element مكون من أربعة نقاط عقدية (في الزوايا) و أربعة نقاط عقدية (في وسط الأضلاع) كما مبين في الشكل (5.11) ويمكننا من خلال هذا العنصر الحصول على تحليل العناصر المحددة بدقة أفضل مقارنة مع العنصر الخطي المستطيل المكون من أربعة عقد 4-Nodes Linear Element.



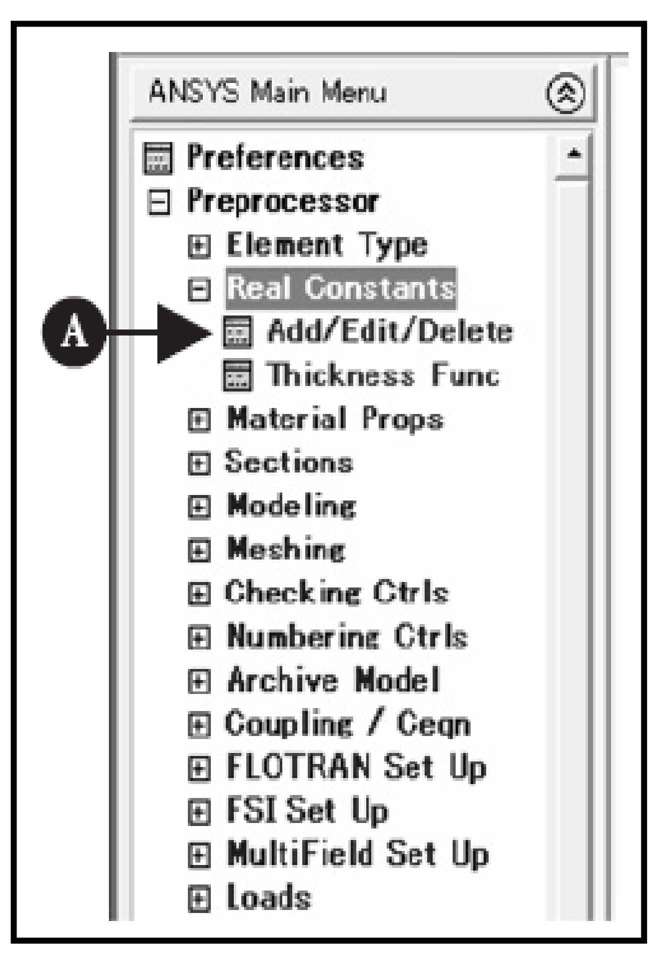
الشكل (2.11)

Input of The Element Thickness إدخال سمك العنصر

حيث يمكننا إجراء ذلك من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Real Constants

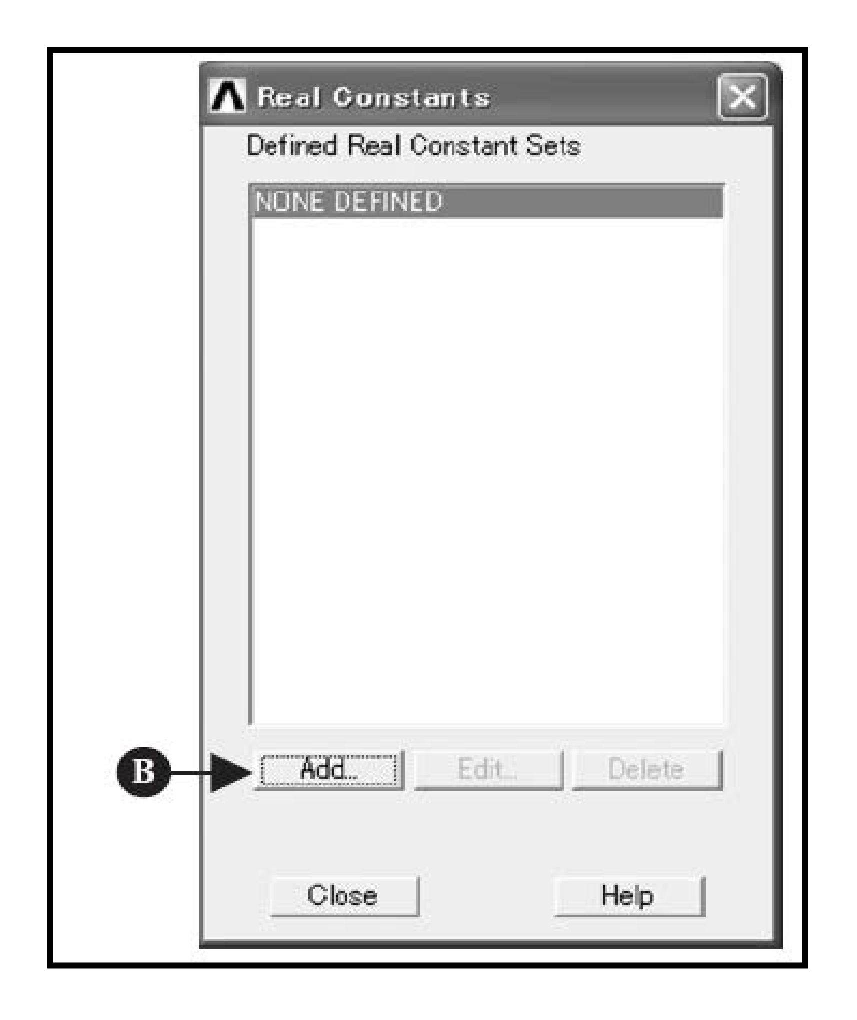
و من ثم نختار الثوابت الحقيقية Real Constant [A] من خلال النافذة الرئيسية لبرنامج Ansys كما مبين في الشكل (5.12).



الشكل (5.12)

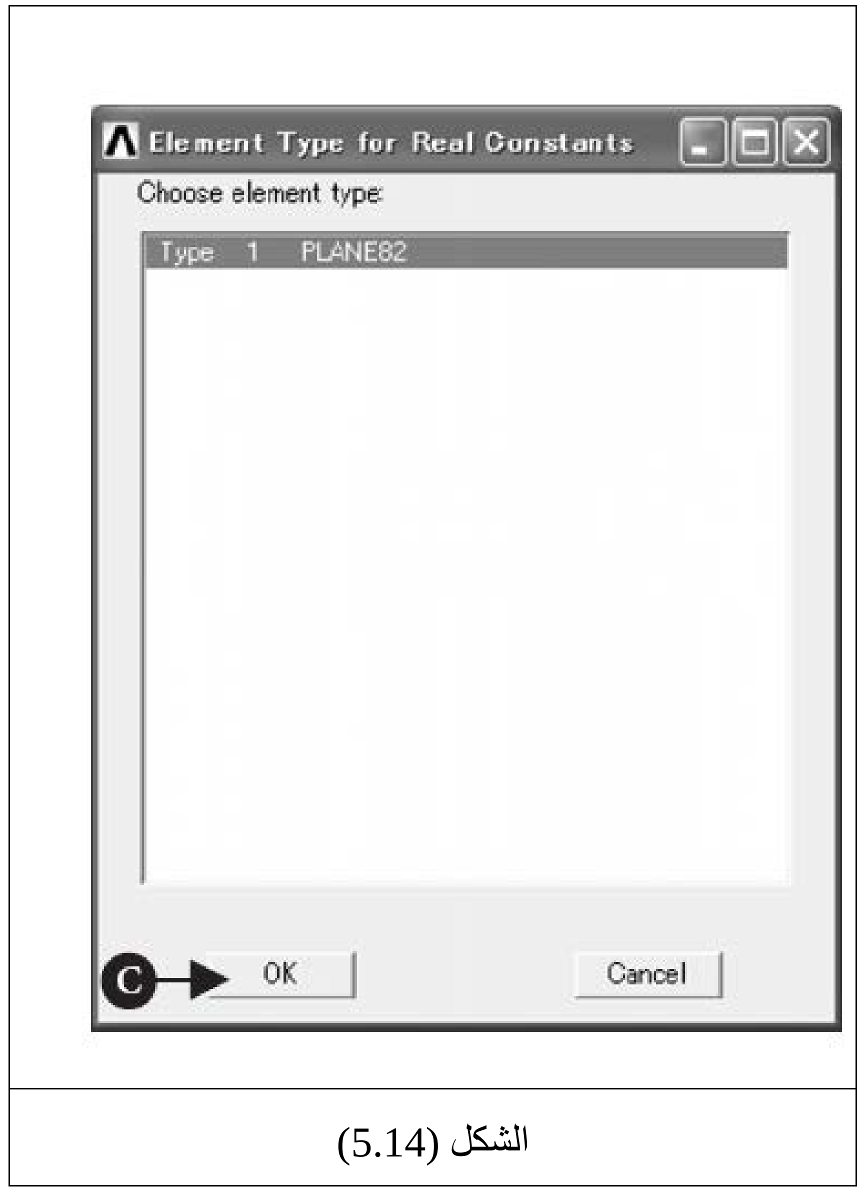
ثم نتبع الخطوات التالية:

1. ننقر على الزر Add/Edit/Delete[A] و ذلك لفتح نافذة الثوابت الحقيقية Real Constant Window كما مبين في الشكل (5.13) و من ثم ننقر على الزر إضافة Add [B].



الشكل (5.13)

بعد ظهور نافذة نوع العنصر بالنسبة للثوابت الحقيقية Element Type for Real Constants كما مبين في الشكل (5.14) ننقر على الزر موافق [C] OK.



الشكل (5.14)

2. تختفي نافذة نوع العنصر بالنسبة للثوابت الحقيقية و تظهر بدلاً من ذلك نافذة تحديد السمك كما مبين في الشكل (5.15) أي الآن , Real Constant Set Number 1 for PLANE82 نقوم بإدخال سمك الصفيحة (0.01m) في صندوق إدخال السمك [D] Thickness Box و ننقر على الزر موافق [E] .OK

Real Constant Set Number 1, for PLANE82

Element Type Reference No. 1

Real Constant Set No. 1

Real Constant for Plane Stress with Thickness (KEYOPT(3)=3)

Thickness THK D 0.01

E OK Apply Cancel Help

الشكل (5.15)

3. تعود نافذة الثوابت الحقيقية بالظهور مرة أخرى مع وجود صندوق تعريف الثوابت الحقيقية Define Real Constants Sets Box المعرف بالشكل (Set1) كما مبين في الشكل (5.16).

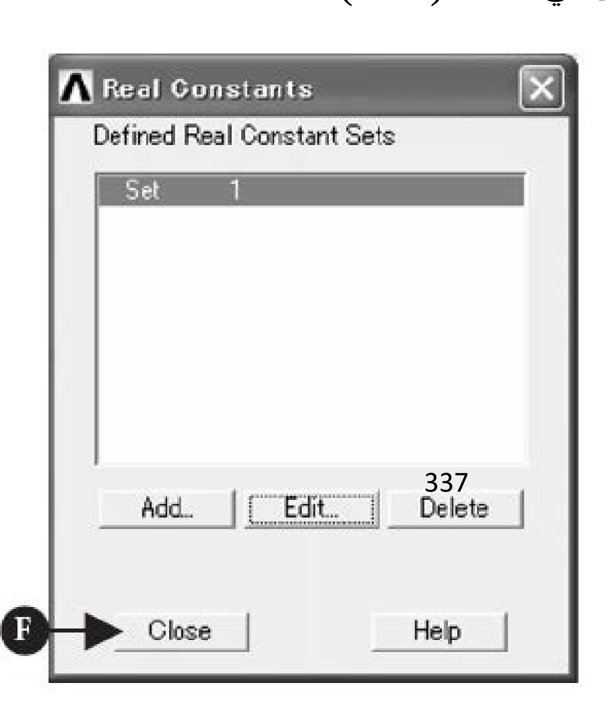
4. النقر على الزر إغلاق [F] Close يؤدي الى إتمام مهمة تحديد السمك.

تحديد حجم العناصر Sizing of Elements

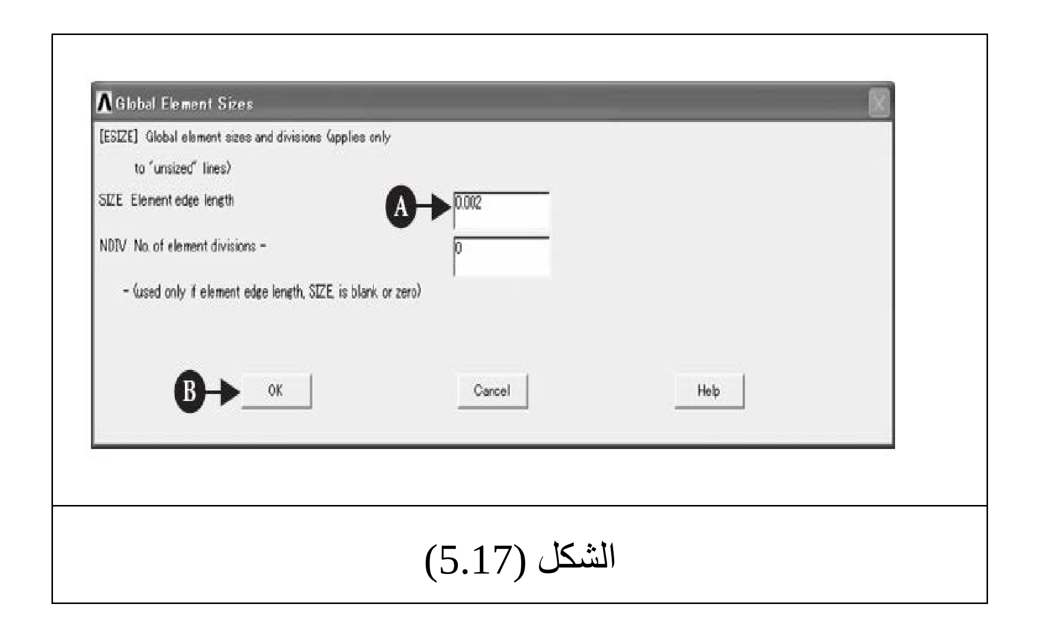
يمكن تحقيق ذلك من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing >Size Cntrls>Manual Size>Global>Size

يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح نافذة حجوم العنصر Global Element Size Window كما مبين في الشكل (5.17).



الشكل (5.16)



الشكل (5.17)

و بعد ظهور هذه النافذة يتم إدخال حجم العنصر كالآتي:

1. نقوم بإدخال القيمة (0.002 m) في صندوق إدخال الحجم Size Box [A].
2. ننقر على الزر موافق [B] OK.

و بعد إتمام الخطوات أعلاه , فإن حجم العنصر Element Size هو 0.002 أي (0.002 m or 2 mm) , أما العتبة التي أبعادها (5mmx90mm) فقد تم تقسيمها الى عناصر محددة مستطيلة الشكل Rectangular Finite Element أبعادها (2mmx3mm).

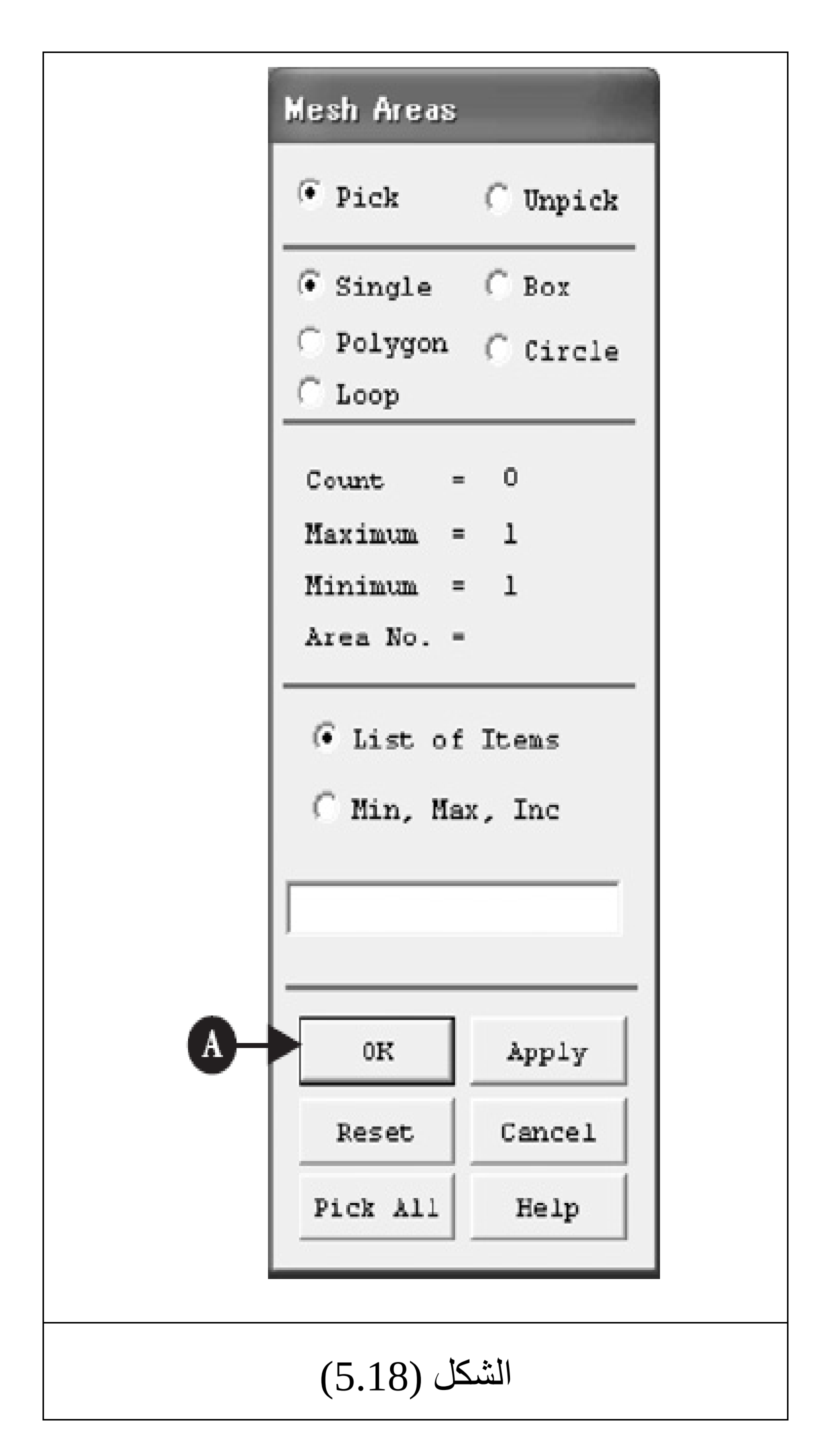
التشبيك Meshing

تتم عملية التشبيك من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

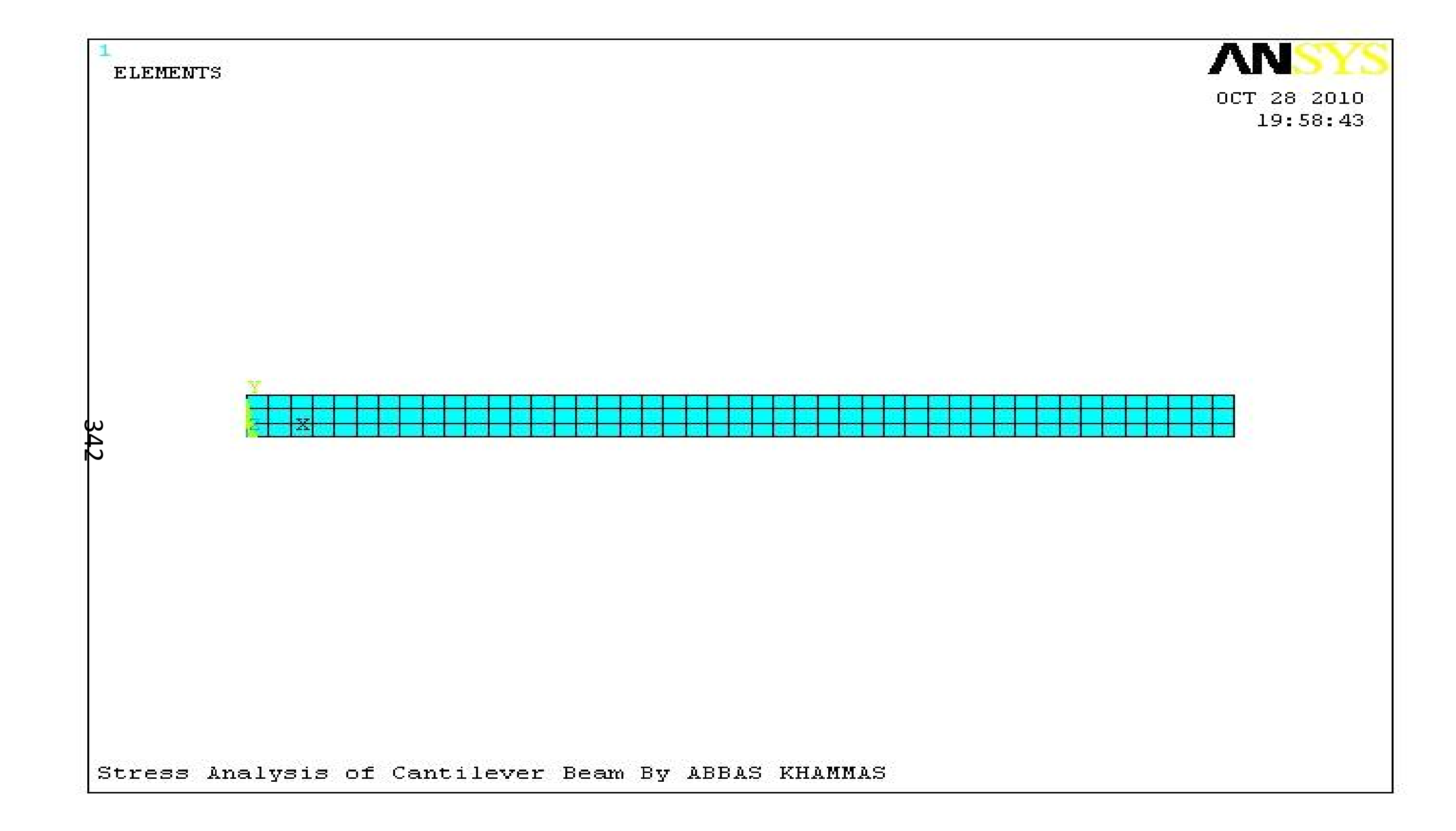
Main Menu>Preprocessor>Meshing >Mesh>Areas>Free

حيث يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح نافذة تشبيك المساحات Mesh Areas Window كما مبين في الشكل (5.18). و بعد ظهور هذه النافذة نتبع الخطوات التالية:

1. بعد ظهورمؤشر السهم المتجه نحو الأعلى (↑) في نافذة الرسومات نقوم بتحريك هذا السهم على مساحة العتبة و من ثم ننقر على هذه المساحة لغرض تشبيكها.
2. بعد تغير لون المساحة من اللون الأزرق الفاتح الى اللون الأحمر الوردي , ننقر على الزر موافق [A] OK حيث يؤدي ذلك الى ظهور مساحة مشبكة بواسطة العناصر المحددة المستطيلة الشكل (8-Node Rectangular isoparametric Finite Elements) كما مبين في الشكل (5.19).


Mesh Areas
Pick
Unpick
Single
Box
Polygon
Circle
Loop
Count = 0
Maximum = 1
Minimum = 1
Area No. =
List of Items
Min, Max, Inc
A
OK
Apply
Reset
Cancel
Pick All
Help

الشكل (5.18)


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
19:58:43
Y
X
Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.19)

كيفية تعديل التشبيك How to Modify Meshing

عندما نحتاج الى تعديل التشبيك , نقوم عادة بحذف العناصر و نكرر الخطوات من (1) الى (4) حيث أن:

1. تكرر الخطوة (1) يتم لتعديل نوع العنصر.
2. تكرار الخطوة (2) يتم لتعديل سمك الصفيحة من دون تغيير نوع العنصر.
3. تكرار الخطوة (3) يتم لتعديل حجم العنصر فقط.

ولكي نقوم بحذف العناصر نتبع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing >Clear>Areas

ونتيجة لهذا المسار تظهر نافذة تنظيف المساحات Clear Areas Window و من ثم نتبع الخطوات التالية:

1. بعد ظهور مؤشر السهم المتجه نحو الأعلى (↑) في نافذة الرسومات نحرك هذا السهم على مساحة العتبة و من ثم ننقر على هذه المساحة.
2. بعد تغير لون المساحة من الأزرق الفاتح الى الأحمر الوردي , ننقر على الزر موافق OK لحذف هذه المساحة.

و بعد إتمام الخطوات أعلاه , تختفي المساحة من نافذة الرسومات , و يمكن إعادة إظهارها من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Utility Menu>Plot>Areas

5.2.2.4 إدخال الشروط الحدودية Input of Boundary Conditions

في هذه المرحلة , سنقوم بتطبيق شروط القيود Constraints Conditions و شروط التحميل (الحمل) Loading Conditions على عقد Nodes نموذج العتبة , و يمكن إجراء ذلك من خلال الخطوات التالية:

1. إظهار العقد Nodes Display.
2. تكبير ظهور العقد Zoom in The Nodes.
3. تعريف شروط القيود Definition of Constraints.
4. تطبيق الشروط الحدودية على العقد Imposing Boundary Constraints on Nodes.

إظهار العقد Nodes Display

حيث يتم من خلال المسار التالي:

Utility Menu>Plot>Nodes

و نتيجة لذلك تظهر العقد على نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (5.20).

تكبير ظهور العقد Zoom in The Nodes

يفضل في أغلب الأحيان الحصول على الشكل المكبّر للنماذج عند تطبيق شروط القيود و شروط التحميل على العقد و لغرض الحصول على الشكل المكبّر للعقد نتبع المسار التالي:

Utility Menu>PlotCtrls>Pan Zoom Rotate…

1

NODES

ANSYS

OCT 28 2010
19:59:43

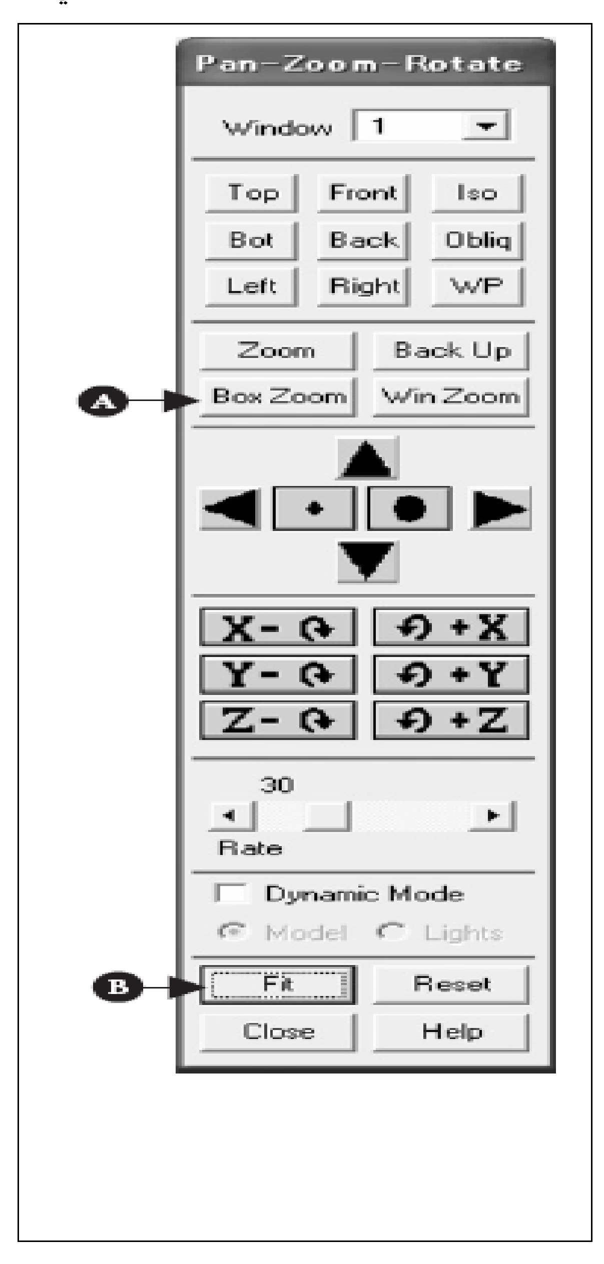
Y

Z X

Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.20)

ويؤدي المسار أعلاه بدوره الى فتح نافذة التحريك-تغيير الحجم-التدوير Pan-Zoom-Rotate Window كما مبين في الشكل (5.21).



الشكل (5.21)

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

1. ننقر على زر صندوق تغيير الحجم (التحجيم) Box-Zoom [A].
2. بعد تغيّر شكل مؤشر الفأرة الى شكل العدسة المكبّرة Magnifying Glass في نافذة الرسومات , ننقر على النقطة اليسرى العليا Upper Left Point و من ثم ننقر على النقطة السفلى اليمنى Lower Right Point حيث يؤدي ذلك الى تحديد جزء من مساحة العتبة لتكبيرها كما مبين في الشكل (5.22) و هذا يؤدي بدوره الى تكبير الطرف الأيسر من العتبة.
3. يمكننا إعادة ظهور الشكل السابق للنموذج من خلال النقر على الزر مطابق [B] Fit في نافذة التحريك-التحجيم-التدوير.

تعريف شروط القيود Definition of Constraints

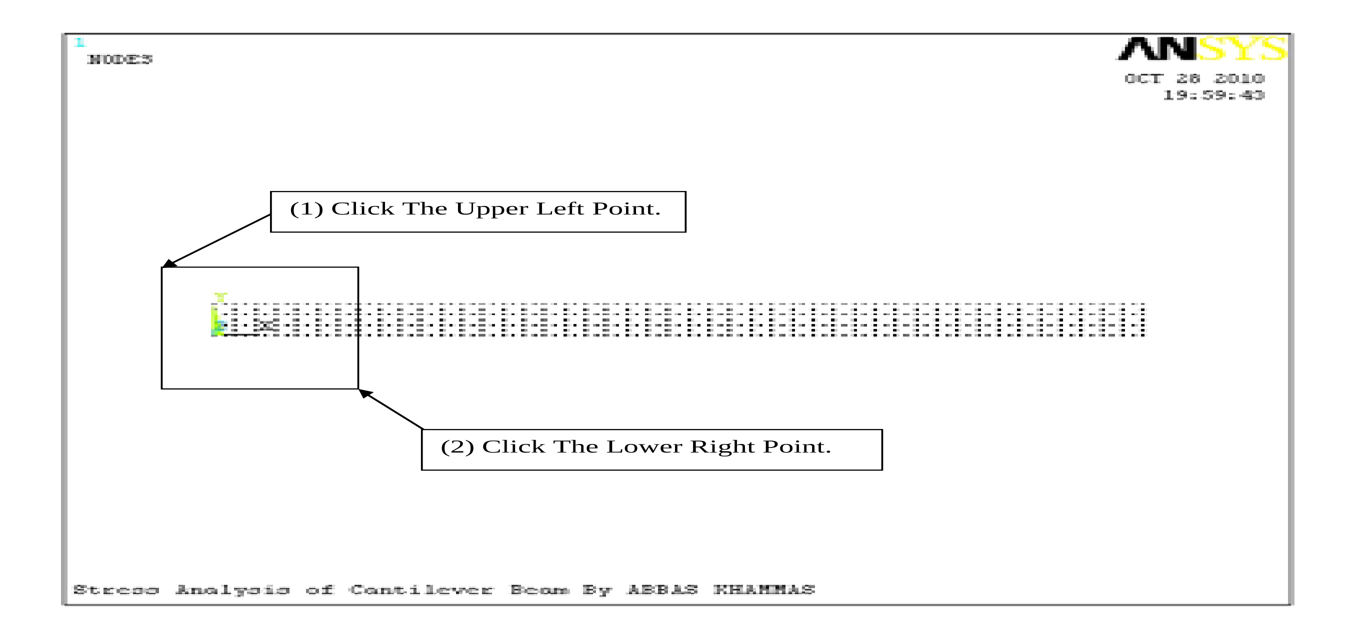
إختيار العقد Selection of Nodes

حيث يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

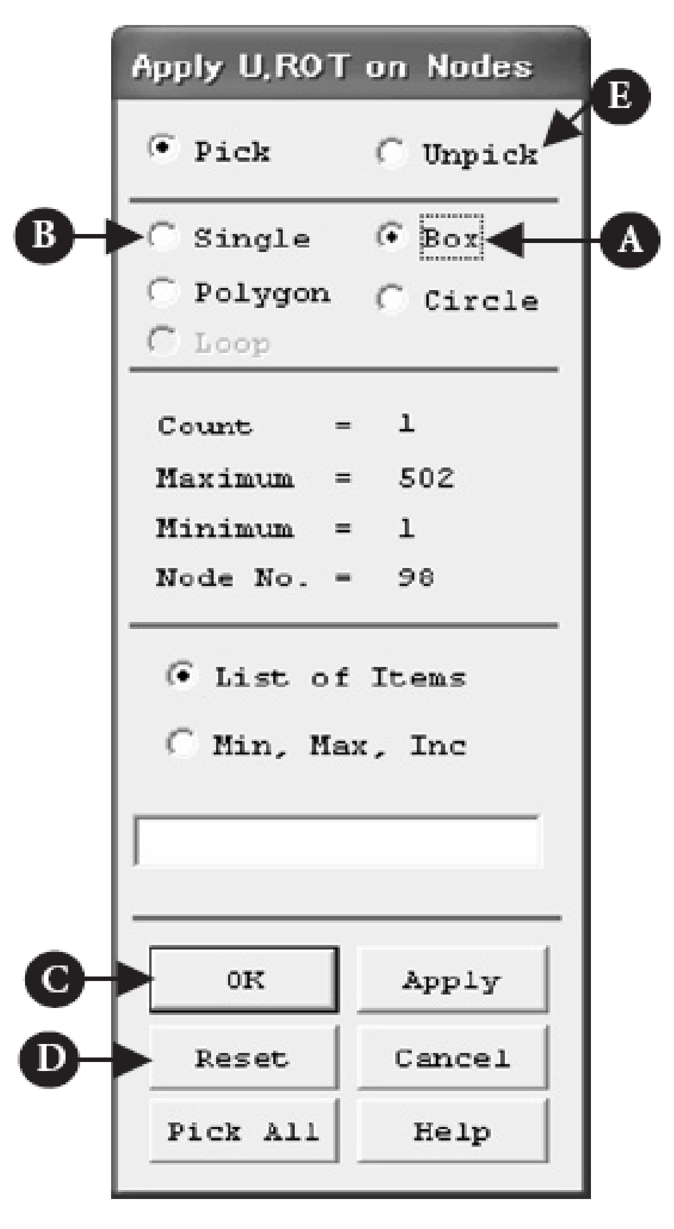
Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural>
Displacement>On Nodes

حيث يؤدي هذا المسار الى فتح نافذة تطبيق القيود على العقد Apply U.ROT on Nodes Window كما مبين في الشكل (5.23). و من ثم نتبع الخطوات التالية:

1. نختار زر الصندوق Box Button [A] و من ثم نسحب مؤشر الفأرة في نافذة الرسومات بحيث يتم إحاطة العقد الموجودة في الحافة اليسرى من مساحة العتبة بإطار مستطيل (أصفر اللون) كما مبين في الشكل (5.24).


1
NODES
ANSYS
OCT 28 2010
19:59:43
(1) Click The Upper Left Point.
(2) Click The Lower Right Point.
Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.22)


Apply U,ROT on Nodes
Pick
Unpick
Single
Box
Polygon
Circle
Loop
Count = 1
Maximum = 502
Minimum = 1
Node No. = 98
List of Items
Min, Max, Inc
OK
Apply
Reset
Cancel
Pick All
Help
A
B
C
D
E

الشكل (5.23)

1
NODES
ANSYS
OCT 28 2010
20:02:04
Y
Z
X
Selection Box
Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.24)

2. بعد التأكد من أن العقد الموجودة في الحافة اليسرى من مساحة العتبة هي التي تم إختيارها فقط , ننقر على الزر موافق [A] OK.

كيفية إعادة إختيار العقد How to Reselect Nodes

يتم ذلك من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. ننقر على الزر إعادة الضبط Reset Button [D] المبين في الشكل (5.23) و ذلك لإزالة الإختيار من العقد قبل الضغط على الزر موافق OK Button [C] في الخطوة (2) من الخطوات أعلاه.
2. نكرر الخطوات (1) و (2) في أعلاه.

إن إختيار العقد يمكن أن يعاد ضبطها Reset أيضاً من خلال الخطوات التالية:

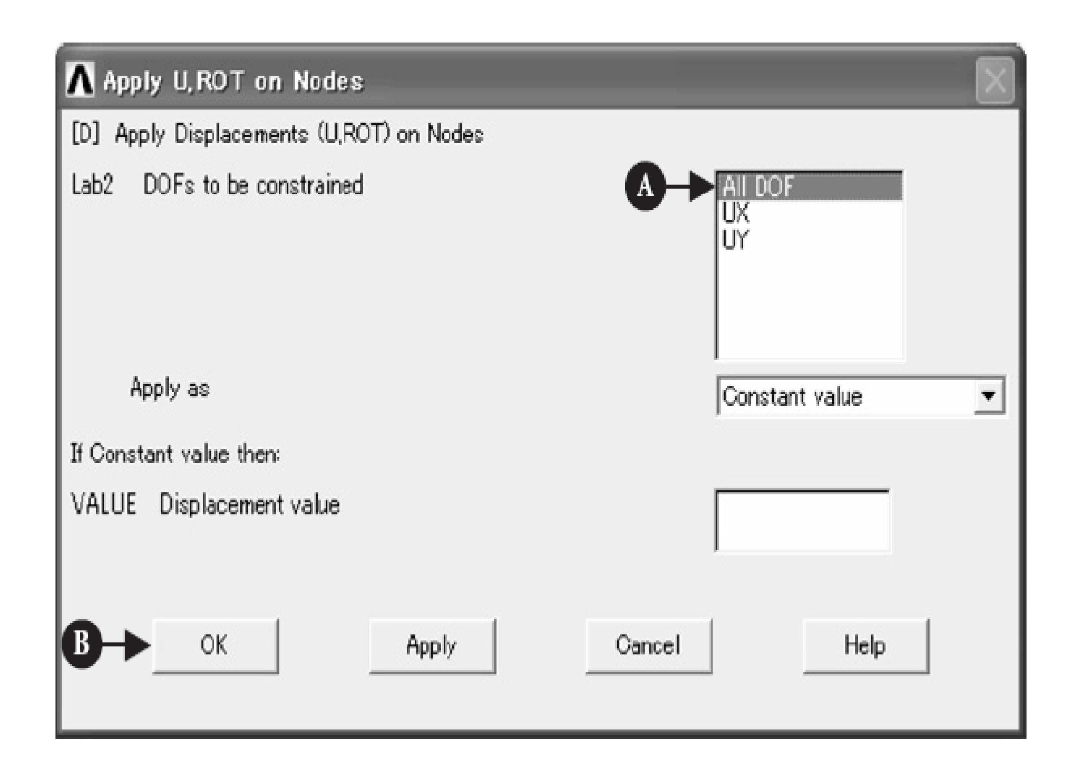
1. بواسطة إنتقاء Picking العقد المحددة Selected Nodes بعد إختيار زر الخيار عدم إنتقاء Unpick Button المبين في الشكل (5.23).
2. أو بواسطة النقر على زر الفأرة الأيمن لتحويل مؤشر السهم المتجه نحو الأعلى (↑) الى مؤشر سهم متجه نحو الأسفل (↓) و من ثم النقر على العقد لإزالة إختيارها.

تطبيق شروط القيود على العقد

Imposing Constraints Conditions on Nodes

بعد أن تظهر نافذة تطبيق القيود على العقد كما مبين في الشكل (5.25) بعد الضغط على الزر موافق [C] OK Button في الخطوة (2) من خطوات تعريف شروط القيود , نتبع الخطوات التالية:

1. في حالة إختيار جميع درجات الحرية [A] ALL DOF فإن العقد المراد تثبيتها أي الإزاحات Displacements سوف يتم ضبطها عند القيمة (0) في الإتجاهات (Y) ,(X). و بشكل مشابه, إختيار (UX) سوف يجعل الإزاحة تساوي (0) في إتجاه المحور (X) و إختيار (UY) يجعل الإزاحة تساوي (0) في إتجاه المحور (Y).



الشكل (5.25)

2. الضغط على الزر موافق [B] OK Button يؤدي الى ظهور رموز مثلثة الشكل زرقاء اللون تشير الى تطبيق شروط القيود على الإزاحة كما مبين في الشكل (5.26). حيث أن المثلثات العمودية Upright Triangles تشير الى أن العقد مثبّتة في إتجاه المحور (Y) , بينما المثلثات المائلة Tilt Triangles تشير الى حالة التثبيت بإتجاه المحور (X).

1
NODES

ANSYS
OCT 28 2010
20:02:04

X

Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.26)

كيفية إزالة شروط القيود How to Clear Constraints Conditions

حيث يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Delete>Structural>isplacement>On Nodes

حيث يؤدي هذا المسار الى فتح نافذة حذف القيود على العقد Delete Nodes Constraints Window , بعد ذلك نتبع الخطوات التالية:

1. ننقر على الزر إنتقاء الكل Pick All و ذلك لحذف شروط القيود لجميع العقد التي خضعت الى القيود. أو نختار زر الخيار أحادي Single Button و من ثم ننقر على العقدة المطلوبة بواسطة مؤشر السهم المتجه نحو الأعلى في نافذة الرسومات و من ثم ننقر على الزر موافق OK.
2. بعد أن تظهر نافذة حذف القيود على العقد نختار جميع درجات الحرية ALL DOF و من ثم ننقر على الزر موافق OK و ذلك لإزالة شروط القيود في كلا الإتجاهين X,Y أو نختار (UX) و ذلك لحذف القيود في الإتجاه (X) أو نختار (UY) لحذف القيود في الإتجاه (Y).

تطبيق الشروط الحدودية على العقد

Imposing Boundary Conditions on Nodes

قبل البدء بتطبيق شروط الحمل Load Conditions ننقر على الزر مطابق Fit Button في نافذة التحريك-التحجيم-التدوير المبينة في الشكل (5.21) و ذلك للحصول على الشكل الكامل (المنظر التام) للمساحة و من ثم نقوم بتكبير الطرف الأيمن لمساحة العينة لكي يسهل التعامل معها في العمليات اللاحقة.

إختيار العقد Selection of Nods

و يتم من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. إنتقاء Pick العقدة الموجودة في النقطة (X=0.08 m, Y=0.005 m) حيث يتم ذلك من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Utility Menu>PlotCtrls>Numbering …

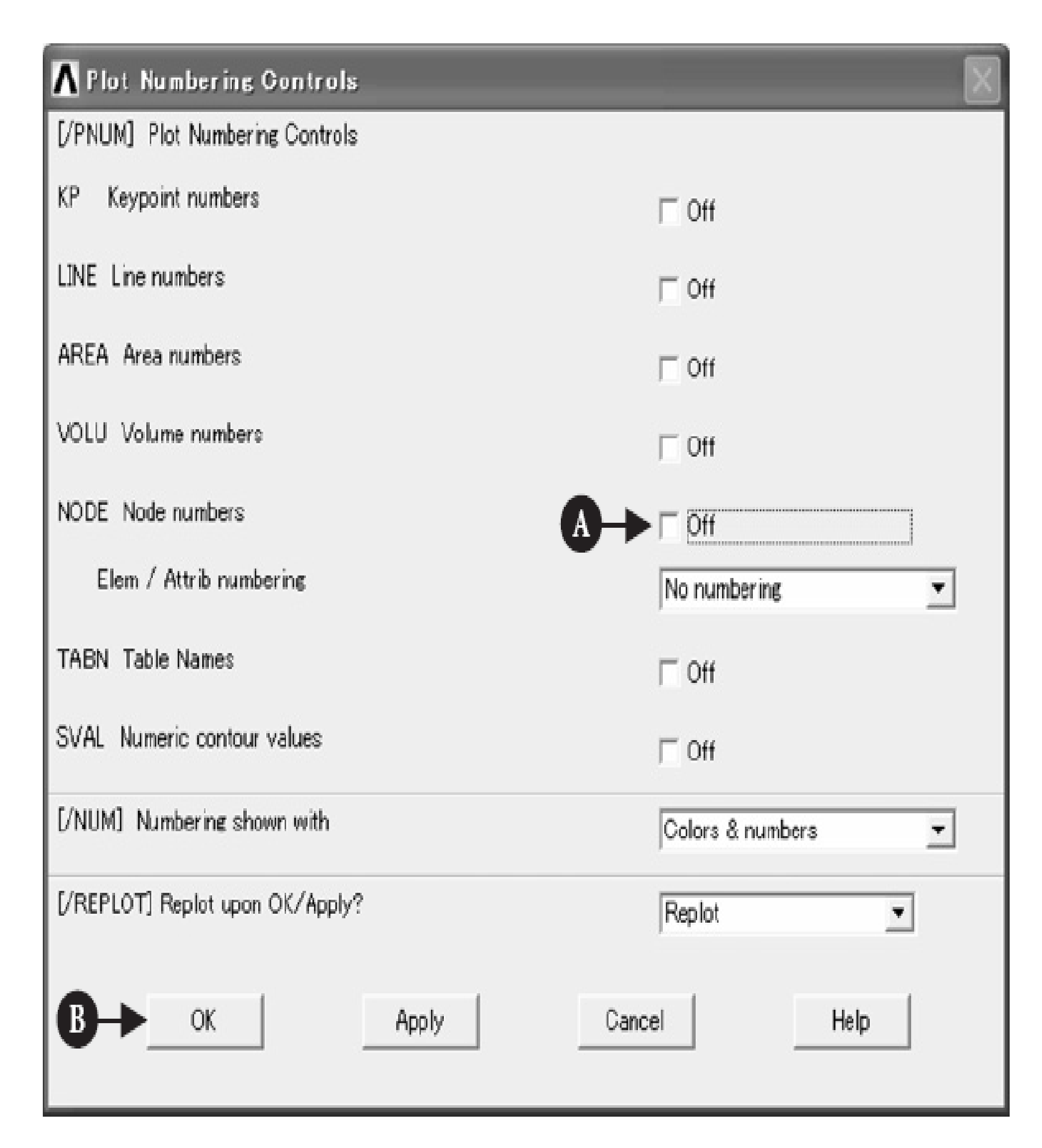
يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح نافذة التحكم بظهور أرقام الكائنات Plot Numbering Controls Window المبينة في الشكل (5.27).

2. ننقر على صندوق الخيار الخاص بالعقد لتحويله من Node OFF [A] الى Node On.
3. ننقر على الزر موافق OK Button [B] و ذلك لإظهار أرقام العقد على النموذج في نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (5.28).

4. لحذف أرقام العقد ننقر على صندوق الخيار الخاص بالعقد لتحويله من [A] Node On الى Node OFF.
5. الآن نتبع مسار القائمة التالي:

Utility Menu>List>Nodes ...

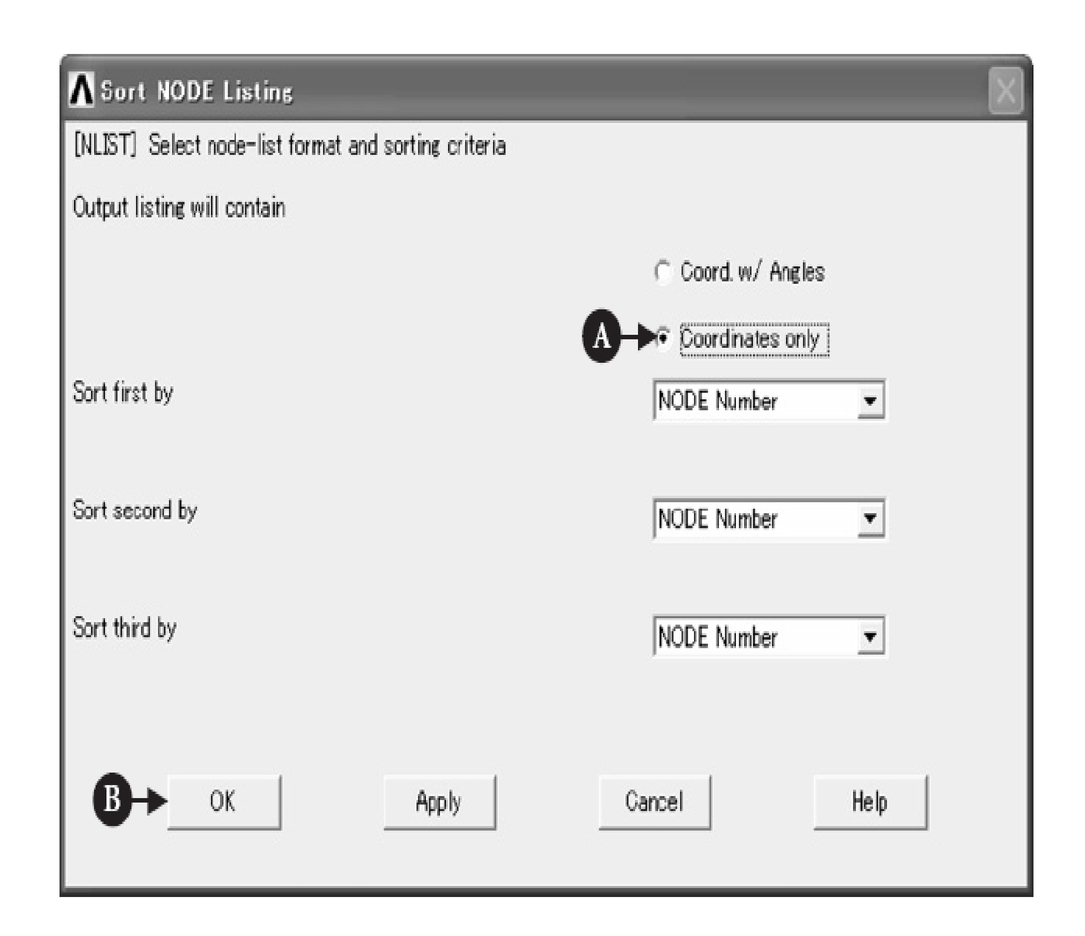
و هذا المسار يؤدي الى فتح نافذة فرز العقد Sort NODE Listing Window كما مبين في الشكل (5.29) , نختار منها زر الخيار طبقاً للإحداثيات فقط [A] Coordinates Only ومن ثم ننقر على الزر موافق OK [B].


Plot Numbering Controls
[/PNUM] Plot Numbering Controls
KP Keypoint numbers
Off
LINE Line numbers
Off
AREA Area numbers
Off
VOLU Volume numbers
Off
NODE Node numbers
A
Off
Elem / Attrib numbering
No numbering
TABN Table Names
Off
SVAL Numeric contour values
Off
[/NUM] Numbering shown with
Colors & numbers
[/REPLOT] Replot upon OK/Apply?
Replot
B
OK
Apply
Cancel
Help

الشكل (5.27)

1
NODES
NODE NUM
U
ANSYS
OCT 28 2010
20:06:26
116 115 114 113 112 111 110 109 108 107 106 105 104 103 102 101 100 99 92
444 451 458 465 472 479 486 493 500 97
443 446 450 453 457 460 464 467 471 474 478 481 485 488 492 495 499 502 96
442 449 456 463 470 477 484 491 498 95
441 445 448 452 455 459 462 466 469 473 476 480 483 487 490 494 497 501 94
440 447 454 461 468 475 482 489 496 93
74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 2
Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.28)



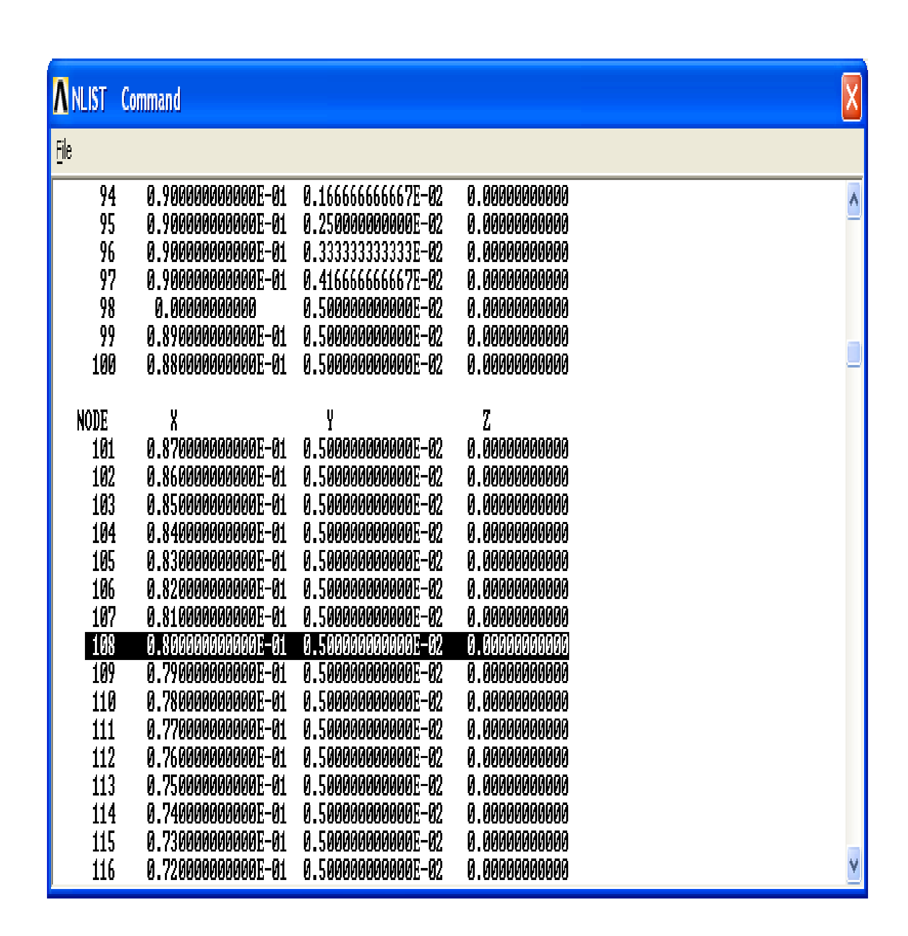
الشكل (5.29)

6. بعد ظهور نافذة قائمة العقد NLIST Command Window كما مبين في الشكل (5.30) نختار منها العقد التي لها إحداثيات (X=0.08 m, Y=0.005 m) أي العقدة رقم (Node 108 #108) كما مبين في الشكل (5.30).

7. ثم نتبع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> orce/Moment>On Nodes

حيث يؤدي المسار أعلاه الى فتح نافذة تسليط القوة/العزم على العقد Apply F/M on Nodes كما مبين في الشكل (5.31).



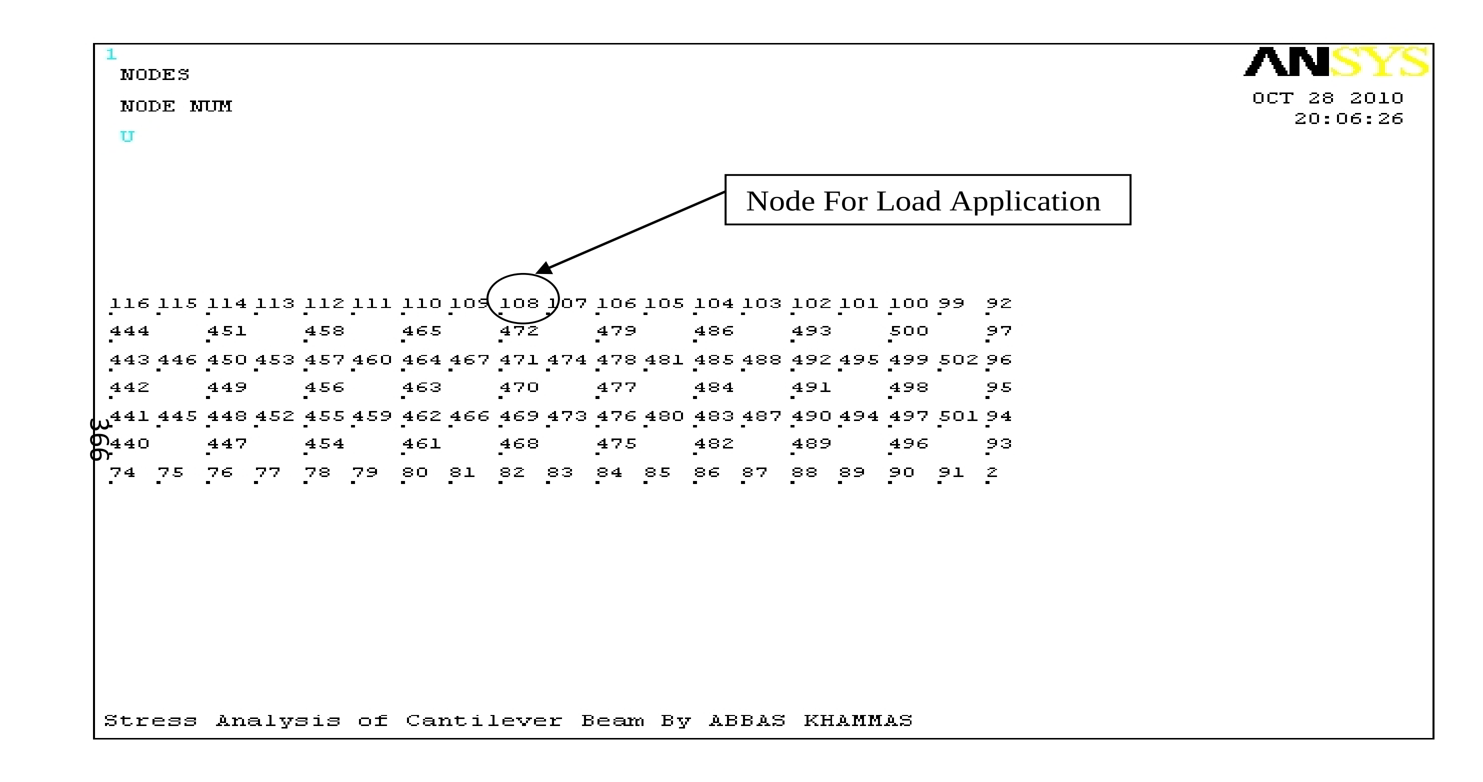
NODE	X	Y	Z
94	0.900000000000E-01	0.166666666667E-02	0.00000000000
95	0.900000000000E-01	0.250000000000E-02	0.00000000000
96	0.900000000000E-01	0.333333333333E-02	0.00000000000
97	0.900000000000E-01	0.416666666667E-02	0.00000000000
98	0.00000000000	0.500000000000E-02	0.00000000000
99	0.890000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
100	0.880000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
101	0.870000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
102	0.860000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
103	0.850000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
104	0.840000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
105	0.830000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
106	0.820000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
107	0.810000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
108	0.800000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
109	0.790000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
110	0.780000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
111	0.770000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
112	0.760000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
113	0.750000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
114	0.740000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
115	0.730000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000
116	0.720000000000E-01	0.500000000000E-02	0.00000000000

الشكل (5.30)

8. الآن ننتقي فقط العقدة المرقمة (Node #108) حيث تكون إحداثياتها (X=0.08m, Y=0.005m) بواسطة مؤشر السهم المتجه نحو الأعلى كما مبين في الشكل (5.32).

الشكل (5.31)

9. أخيراً, ننقر على الزر موافق [A] OK في نافذة تسليط القوة/العزم على العقد.


1
NODES
NODE NUM
U
ANSYS
OCT 28 2010
20:06:26
Node For Load Application
116 115 114 113 112 111 110 109 108 107 106 105 104 103 102 101 100 99 92
444 451 458 465 472 479 486 493 500 97
443 446 450 453 457 460 464 467 471 474 478 481 485 488 492 495 499 502 96
442 449 456 463 470 477 484 491 498 95
441 445 448 452 455 459 462 466 469 473 476 480 483 487 490 494 497 501 94
440 447 454 461 468 475 482 489 496 93
74 75 76 77 78 79 80 81 82 83 84 85 86 87 88 89 90 91 2
Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.32)

كيفية إلغاء إختيار العقد التي يتم تسليط الحمل عليها

How to Cancel The Selection of The Nodes of Loads Application

يتم ذلك من خلال الخطوات التالية:

1. النقر على الزر إعادة الضبط Reset Button قبل النقر على الزر موافق OK في نافذة تسليط القوة/العزم على العقد.
2. أو النقر على الزر الأيمن للفأرة لتغيير مؤشر السهم المتجه نحو الأعلى الى مؤشر سهم متجه نحو الأسفل و من ثم ننقر على الإطار الأصفر Yellow Frame حيث يؤدي ذلك الى إختفاء الإطار الأصفر و بالتالي إلغاء تسليط الحمل على العقد.

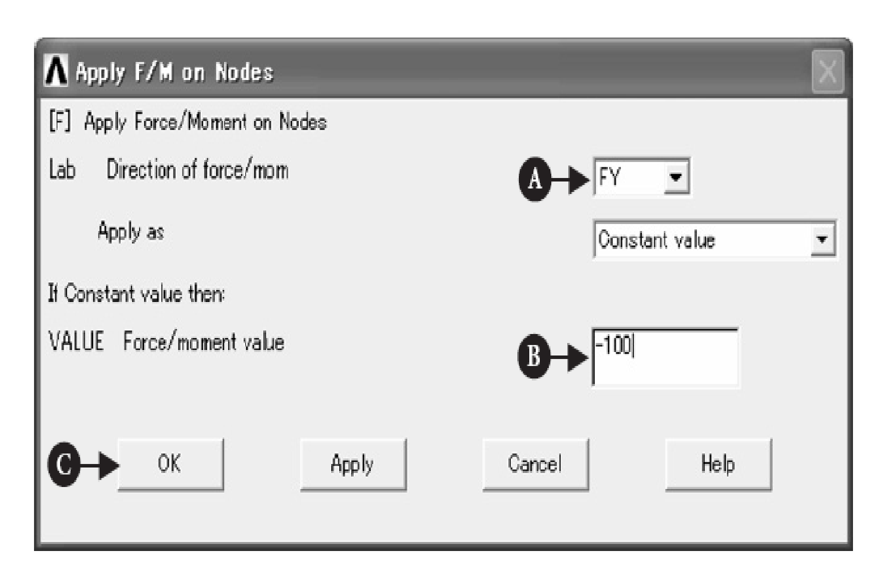
تطبيق شروط الحمل على العقد

Imposing Load Conditions on Nodes

ننقر على الزر موافق [A] OK في نافذة تسليط القوة/العزم على العقد المبينة في الشكل (5.31) و ذلك لفتح نافذة أخرى لتسليط القوة/العزم على العقد كما مبين في الشكل (5.33) ومن ثم نتبع الخطوات التالية:

1. نختار [A] FY من صندوق إختيار إتجاه القوة/العزم Lab Direction of force/mom و من ثم نقوم بإدخال القيمة [B] -) (- 100 N) في صندق إدخال قيمة القوة/العزم VALUE Force/moment value. حيث أن القيمة الموجبة (+) للقوة

تشير الى أن الحمل متجه نحو الأعلى أو نحو اليمين, بينما تشير القيمة السالبة (-) للقوة الى الحمل المتجه نحو الأسفل أو نحو اليسار.



الشكل (5.33)

2. ننقر على الزر موافق [C] OK Button و ذلك لإظهار السهم الأحمر المتجه نحو الأسفل Red Downward Arrow (السهم الذي يشير الى إتجاه القوة) و المرتبط برقم العقدة 108 (NODE # 108) حيث يشير الى الحمل المسلّط نحو الأسفل كما مبين في الشكل (5.34).

How to Delete Load Conditions كيفية حذف شروط الحمل

يمكن إجراء ذلك من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Delete>Structural>
orce/Moment>On Nodes

و هذا يؤدي بدوره الى فتح نافذة حذف تسليط القوة/العزم على العقد Delete F/M on Nodes كما مبين في الشكل (5.35). ومن ثم نختار منها [A] FY or ALL من صندوق حذف تسليط القوة/العزم Lab Force/moment to be deleted. و أخيراً, ننقر على الزر موافق OK [B] و ذلك لحذف الحمل المتجه نحو الأسفل و المسلط على العقدة رقم 108 (NODE #108).

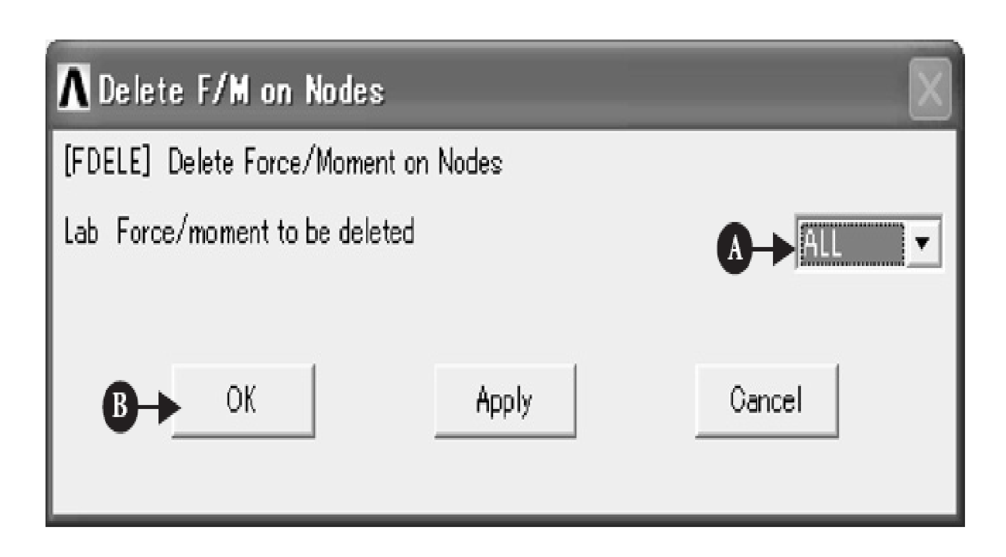
الشكل (5.34)

5.2.2.5 خطوات الحل Solution Procedure

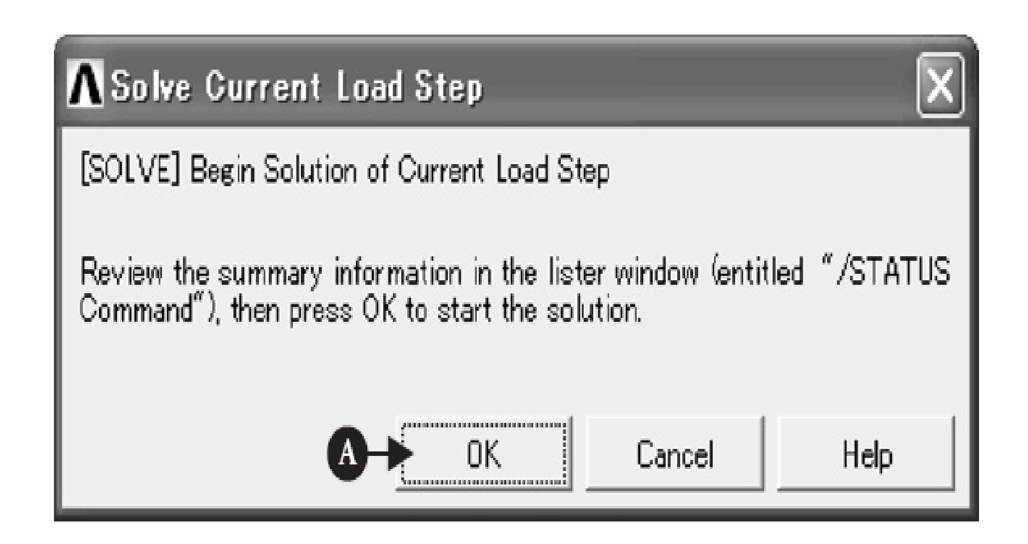
حيث يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Solve>Current LS

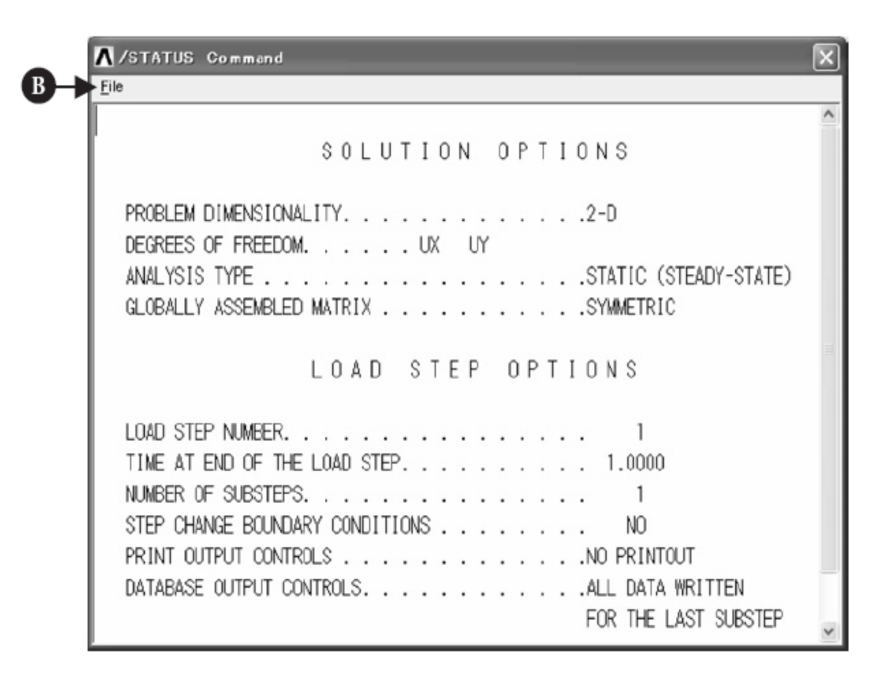
و هذا يؤدي بدوره الى فتح نافذة حل خطوة الحمل الحالي Solve Current Load Step كما مبين في الشكل (5.36) و نافذة أمر الحالة STATUS Command Window/ كما مبين في الشكل (5.37).



الشكل (5.35)



الشكل (5.36)



الشكل (5.37)

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

1. النقر على الزر موافق [A] OK في نافذة حل خطوة الحمل الحالية كما مبين في الشكل (5.36) و ذلك لبدء حل خطوة الحمل الحالية.
2. بعد ذلك نحصل على معلومات حول خيارات الحل و خطوة من خلال نافذة أمر الحالة. بعد ذلك نختار إغلاق Close من قائمة ملف [B] File و ذلك لإغلاق نافذة أمر الحالة.
3. بعد إتمام الحل , تظهر نافذة الملاحظة Note Window كما مبين في الشكل (5.38). أخيراً , ننقر على الزر إغلاق [C] Close لإغلاق هذه النافذة.



الشكل (5.38)

5.2.2.6 التمثيل البياني (الرسومي) للنتائج

Graphical Presentation of The Results

حيث يتضمن:

1. الرسم الكفافي (الكنتوري) للإزاحات Contour Plot of Displacements.
2. الرسم الكفافي (الكنتوري) للإجهادات Contour Plot of Stresses.

الرسم الكفافي (الكنتوري) للإزاحات Contour Plot of Displacements

يمكننا الحصول على الرسم الكفافي (الكنتوري) للإزاحات من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

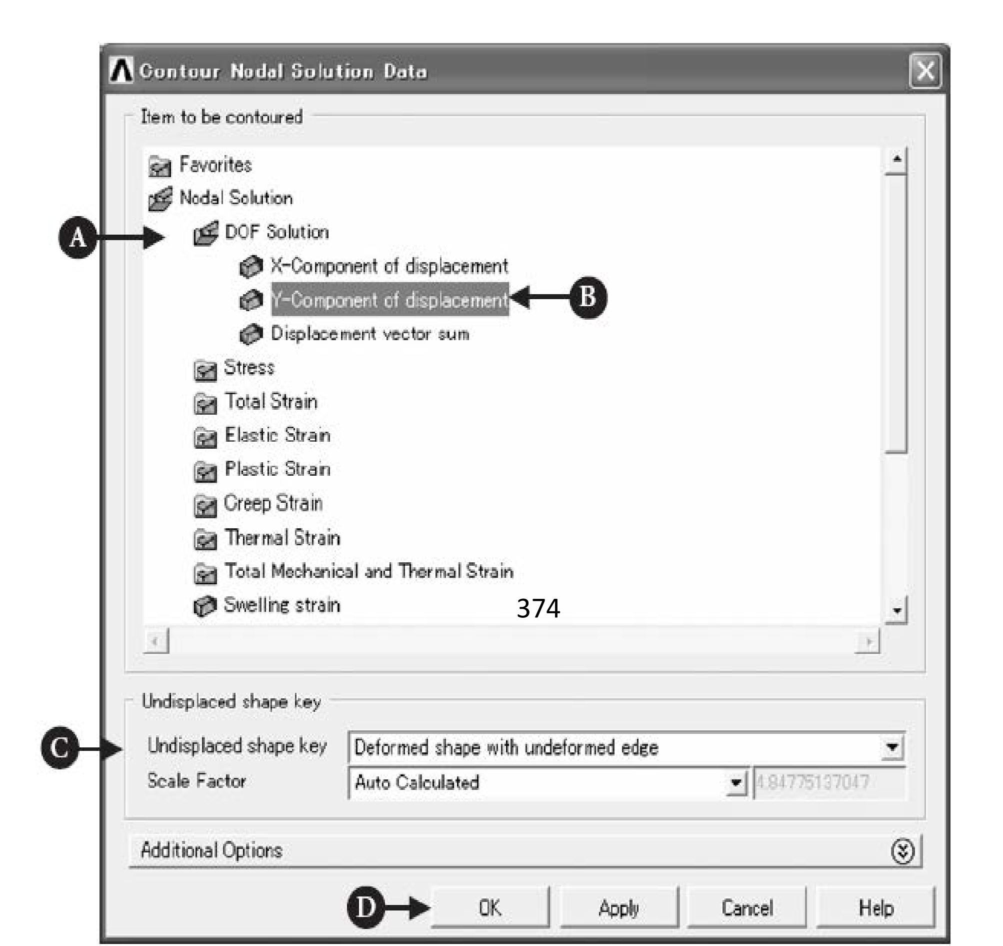
Main Menu>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solution

يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح نافذة بيانات الحل العقدي الكنتوري Contour Nodal Solution Data كما مبين في الشكل (5.39). بعد ذلك , نتبع الخطوات التالية:

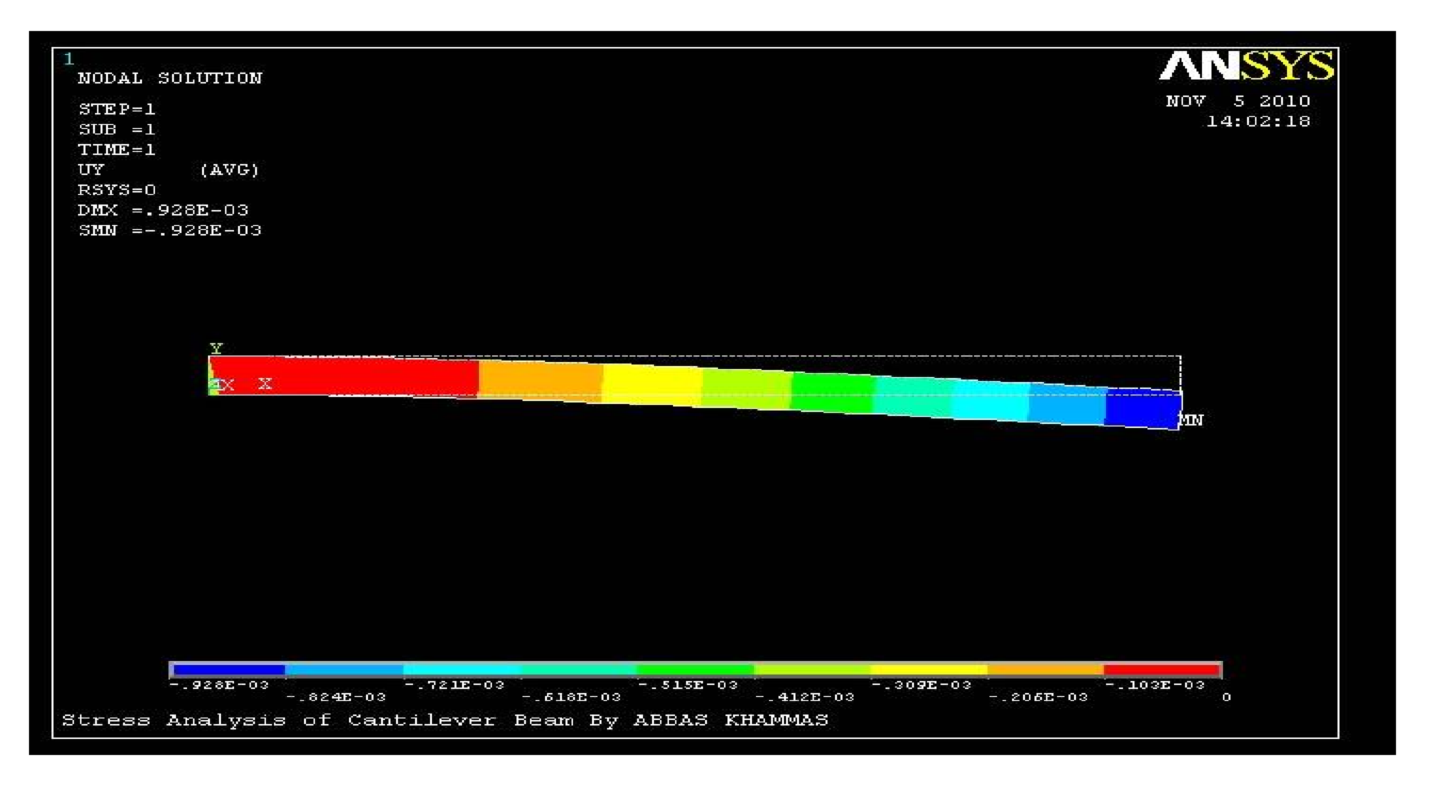
1. نختار الحل حسب درجة الحرية DOF Solution [A] و من ثم نختار الإزاحة بإتجاه المكونة (Y) Y-Component of Displacement [B].

2. نختار الشكل المشوه مع الحافة الغير مشوهة Deformed Shape with Undeformed Edge [C] و ذلك لمقارنة أشكال العتبة قبل و بعد التشوه.

3. ننقر على الزر موافق OK [D] لإظهار الرسم الكفافي (الكنتوري) للإزاحة بإتجاه المكونة (Y) , أي تشوه العتبة Beam Deflection بإتجاه المحور (Y) في نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (5.40). إن القيمة (DMX) المبينة في نافذة الرسومات تشير الى قيمة التشوه القصوى للعتبة Maximum Deflection of The Beam.



الشكل (5.39)

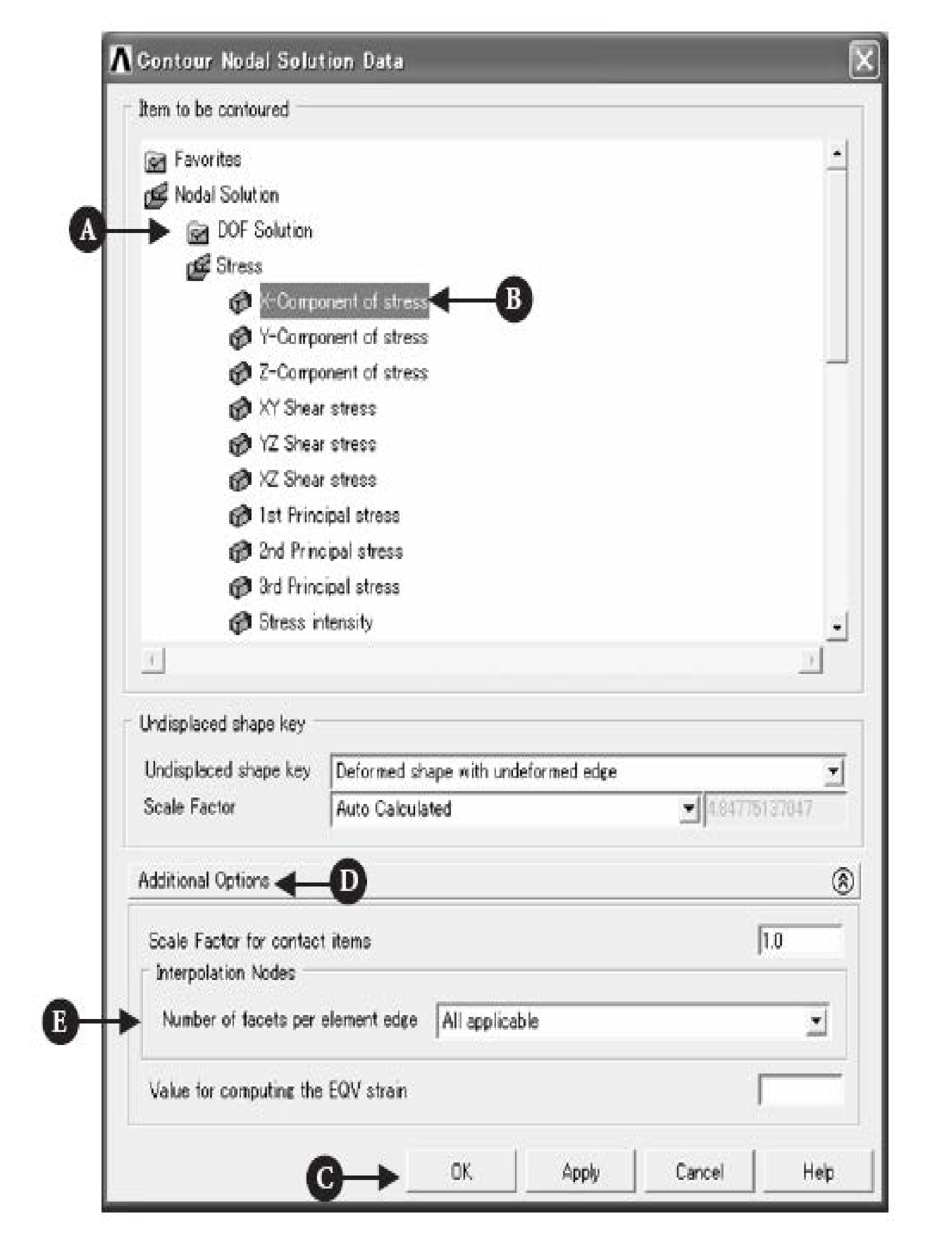

1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
UY (AVG)
RSYS=0
DMX =.928E-03
SMN =-.928E-03
ANSYS
NOV 5 2010
14:02:18
Y
X
MN
-.928E-03
-.824E-03
-.721E-03
-.618E-03
-.515E-03
-.412E-03
-.309E-03
-.206E-03
-.103E-03
0
Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.40)

الرسم الكفافي (الكنتوري) للإجهادات Contour Plot of Stresses

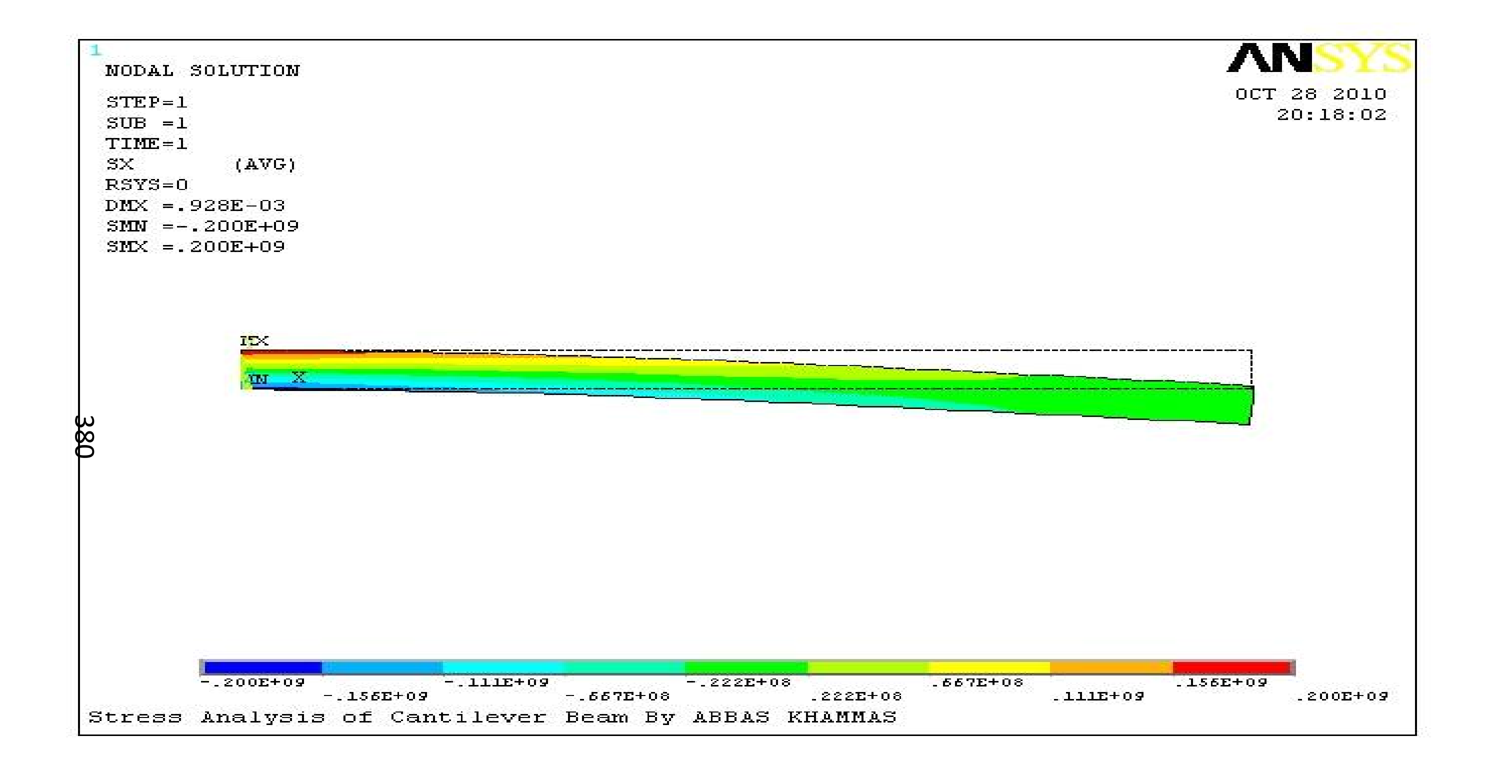
حيث يتم من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. نختر الإجهاد [A] Stress و المكونة (X) للإجهاد X-Component of Stress [B] كما مبين في الشكل (5.41).
2. ننقر على الزر موافق [C] OK و ذلك لإظها الرسم الكنتوري للإجهاد بإتجاه المكونة (X) Contour of The X-Component أو إجهاد الإنحناء في العتبة Bending Stress في نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (5.42). إن القيمة (SMX) التي تظهر في نافذة الرسومات تشير الى قيمة الإجهاد القصوى في العتبة Maximum Stress in The Beam. أما القيمة (SMN) فإنها تشير الى قيمة الإجهاد الدنيا Minimum Stress in The Beam كما مبين في نافذة الرسومات.
3. النقر على شريط الخيارات الإضافية [D] Additional Options يؤدي الى فتح عناصر الخيارات الإضافية , على سبيل المثال , جميع العناصر القابلة للتطبيق [E] All Applicable من خلال صندوق عدد السطوح لكل حافة عنصر Number of Facets per Element Edge Box و ذلك لحساب الإجهادات و الإنفعالات في النقاط الوسطية Middle Points للعناصر Elements.



Contour Nodal Solution Data
Item to be contoured
Favorites
Nodal Solution
DOF Solution
Stress
X-Component of stress
Y-Component of stress
Z-Component of stress
XY Shear stress
YZ Shear stress
XZ Shear stress
1st Principal stress
2nd Principal stress
3rd Principal stress
Stress intensity
Undisplaced shape key
Undisplaced shape key
Deformed shape with undeformed edge
Scale Factor
Auto Calculated
Additional Options
Scale Factor for contact items
1.0
Interpolation Nodes
Number of facets per element edge
All applicable
Value for computing the EQV strain
OK
Apply
Cancel
Help
A
B
C
D
E

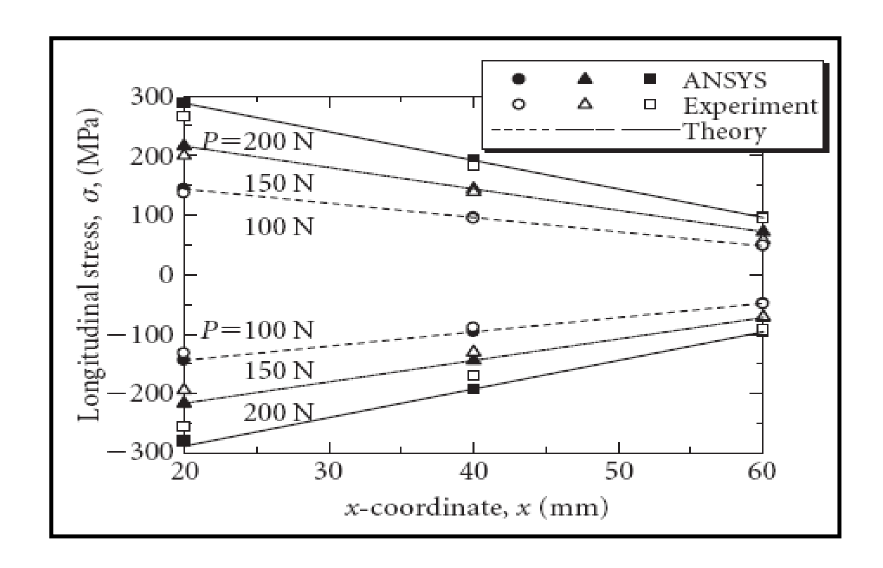
الشكل (5.41)


NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SX (AVG)
RSYS=0
DMX =.928E-03
SMN =-.200E+09
SMX =.200E+09
ANSYS
OCT 28 2010
20:18:02
MX
MN
X
-.200E+09
-.156E+09
-.111E+09
-.667E+08
-.222E+08
.222E+08
.667E+08
.111E+09
.156E+09
.200E+09
Stress Analysis of Cantilever Beam By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.42)

5.2.3 مقارنة نتائج العناصر المحددة مع النتائج العملية (التجريبية)
Comparison of FEM Results with Experimental Ones

الشكل (5.43) يبين مقارنة مابين توزيع الإجهاد الطولي Longitudinal Stress Distribution الذي تم الحصول عليه بإستخدام برنامج Ansys مع تلك القيم التي تم الحصول عليها من خلال التجارب و كذلك القيم التي تم الحصول عليها من خلال النظرية الأساسية للعتبة Elementary Theory of Beam. إن النتائج التي تم الحصول عليها من خلال الطرق الثلاثة المختلفة متطابقة مع بعضها بشكل جيد , إلا أنه مع زيادة الحمل المسلّط فإن نسبة الخطأ تزداد مابين المجاميع الثلاثة للنتائج و بشكل خاص عند الطرف المثبّت Clamped End. و هذا يمكن أن يعزى الى الحقيقة التي تنص على أن الحالة المثبتة Clamped Condition من الصعوبة أن تدرك بشكل تام أو دقيق.


ANSYS
Experiment
Theory
Longitudinal stress, σ, (MPa)
300
200
100
0
−100
−200
−300
P=200 N
150 N
100 N
P=100 N
150 N
200 N
20
30
40
50
60
x-coordinate, x (mm)

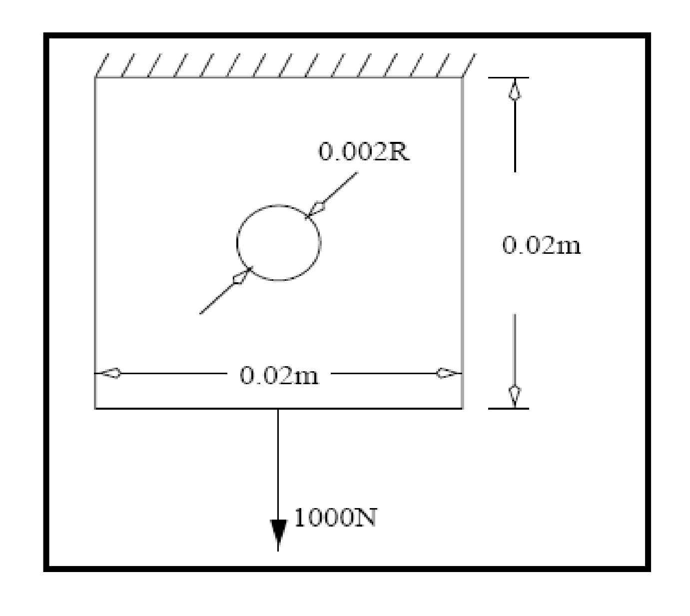
الشكل (5.43)

5.3 التحليل الإنشائي (التركيبي) لصفيحة حاوية على ثقب دائري Structural Analysis of a Plate with a Circular Hole

لو فرضنا أن لدينا صفيحة مربعة الشكل Square Plate أبعادها (0.02x0.02 m^2) حاوية على ثقب دائري Circular Hole نصف قطره (Radius R=0.002 m) تخضع الى حمل شدي Tensile Loading مقداره (1000 N) في الإتجاه العمودي Vertical Direction على طول السطح السفلي بينما تكون مثبتة على طول السطح العلوي كما مبين في الشكل (5.44). أما خواص مادة الصفيحة فإنها تتضمن:

Elastic Modulus (E=200 x 109).

Poisson's Ratio (Minor-NUXY) (v = 0.3).



الشكل (5.44)

إن الهدف هو الحصول على:

1. الإزاحة Displacement.
2. مجالات الإجهاد Stress Fields.

الناتجة من تطبيق الشروط الحدودية. و يمكننا حل هذه المسألة من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. توليد النموذج Model Generation.
2. الحل Solution.
3. المعالجة اللاحقة Postporocessing.

5.3.1 توليد النموذج Model Generation

حيث يتم من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. تعريف نوع العنصر Element Type من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/Edit Delete

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

a) ننقر على الزر إضافة Add.

b) نختار Solid من القائمة اليسرى و Quad 8node 82 من القائمة اليمنى.

c) ننقر على الزر موافق OK.

2. تحديد خواص المادة الذي يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

a) بعد ظهور صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة Define Material Model Behavior Dialog Box ننقر نقراً مزدوجاً على : Structural, Linear, Elastic, و من ثم نختار Isotropic و هذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار آخر.

b) نقوم بإدخال الخواص التالية في مجالات النص الخاصة بها:

Ex = 200e9

PRXY = 0.3

و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

c) نقوم بإغلاق صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة من خلال المسار التالي:

Material>Exit

3. إنشاء المساحة المربعة للصفيحة من خلال إتباع الخطوات التالية:

a) نتبع مسار القائمة التالي:

Utility Menu>WorkPlane>WS Settings

و هذا يؤدي بدوره الى فتح نافذة إعدادات مستوى العمل WS Settings Window كما مبين في الشكل (5.45).

WP Settings

Cartesian
Polar

Grid and Triad
Grid Only
Triad Only

Enable Snap

Snap Incr 0.002
Snap Ang 5

Spacing 0.01
Minimum -0.015
Maximum 0.015
Tolerance 3e-005

OK Apply
Reset Cancel
Help

الشكل (5.45)

حيث نقوم بتعديل الإعدادات كما مبين في أدناه:

Grid and Triad

Snap Incr 0.002

Spacing 0.01

Minimum - 0.015

Maximum 0.015

Tolerance 0.00003

b) نقوم بإظهار مستوى العمل من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Utility Menu>WorkPlane>Display WorkPlane

و عندما يكون مستوي العمل صغير جداً , ففي هذه الحالة نحتاج الى تكبيره و يتم ذلك من خلال مسار القائمة التالي:

Utility Menu>PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate>Box-Zoom

الآن, ننقر زر الفأرة على زاويتين بحيث تحيط بشبكة مستوى العمل Workplane Grid من خلال صندوق التكبير Box-Zoom. هذا و يمكننا تحريك مستوى العمل بإستخدام الأسهم المتجه نحو الأعلى و الأسفل و نحو اليمين و اليسار في نافذة التحريك-التحجيم-التدوير Pan-Zoom-Rotate Window التي تظهر نتيجة المسار أعلاه. ثم نقوم بإنشاء المساحة المربعة المتمركزة حول نقطة الشبكة (0,0) من خلال المسار التالي:

Main
Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Areas>Rectangle>By 2 Corners

الآن, نقوم بنقر و تثبيت زر الفأرة الأيسر حيث يؤدي ذلك الى ظهور إحداثيات مستوى العمل في النافذة المنبثقة Popup Window من المسار أعلاه, و من ثم ننقر على زر الفأرة عندما تكون الإحداثيات:

X= -0.01

Y= 0.01

الآن, نقوم بتحديد موقع آخر من خلال النقر على زر الفأرة الأيسر مرة أخرى عندما تكون الإحداثيات:

X= 0.01

Y= -0.01

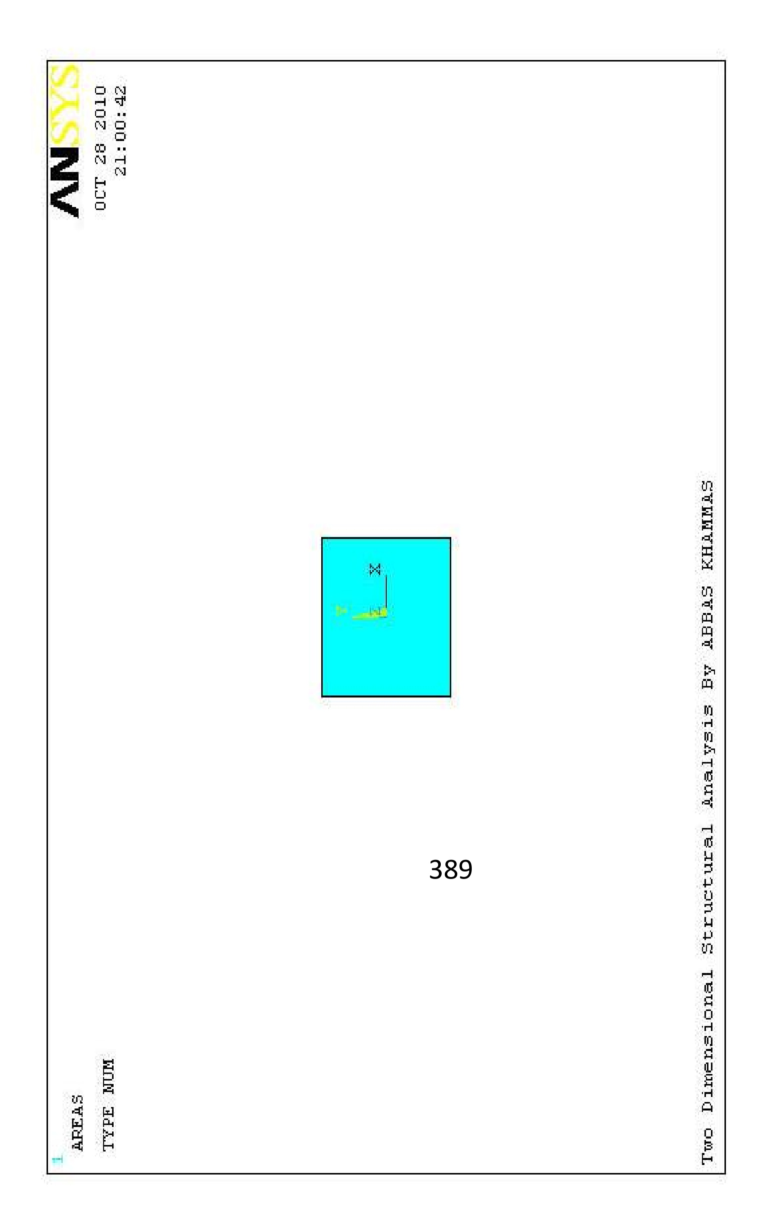
و نتيجة لذلك نحصل على المساحة المربعة كما مبين في الشكل (5.46). أخيراً, ننقر على الزر موافق OK في النافذة المنبثقة.

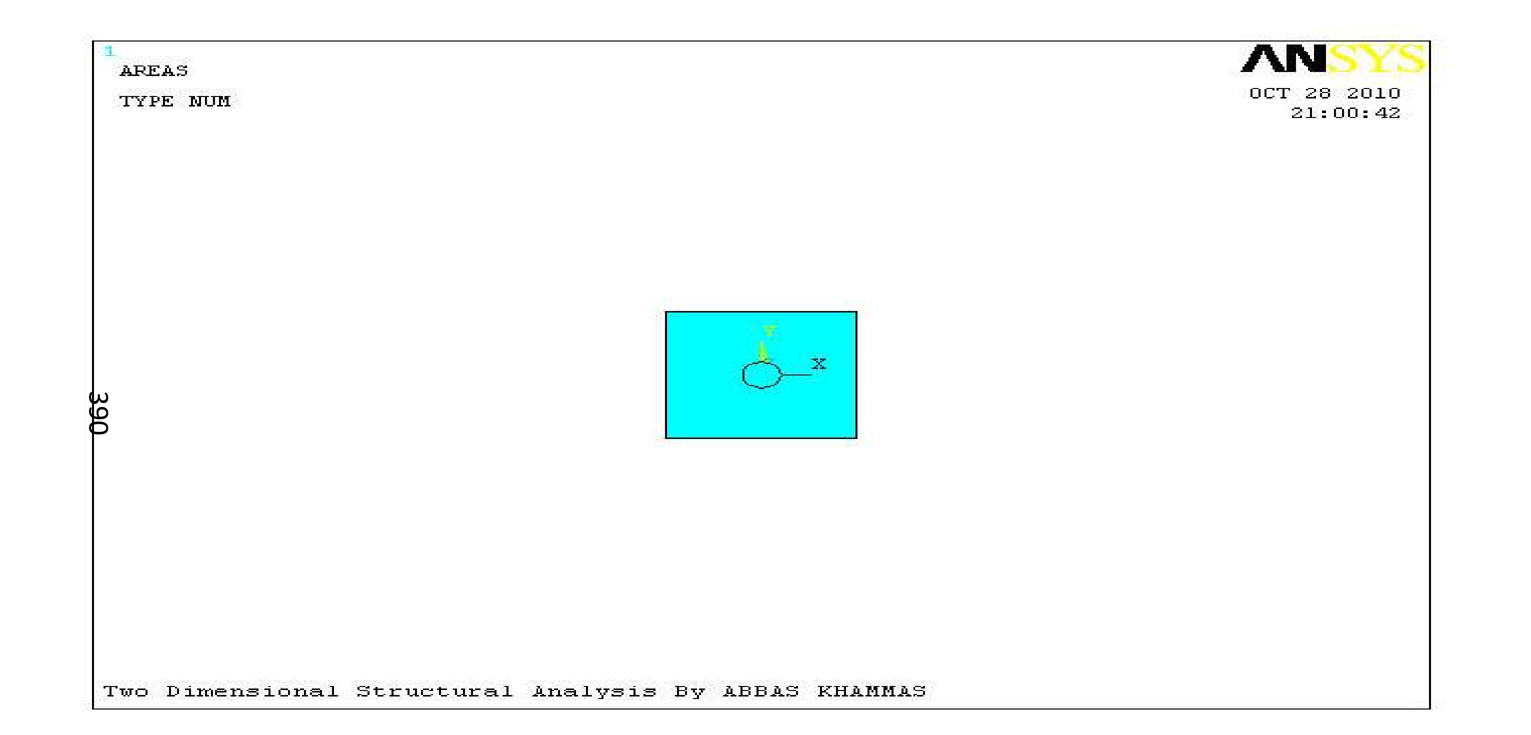
4. إنشاء المساحة الدائرية للثقب Circular Area of Hole , حيث يتم من خلال المسار التالي:

Main
Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Areas>Circle>Solid Circle

و نتيجة لذلك تنبثق نافذة تحث المستخدم على إدخال نصف قطر دائرة الثقب , حيث يتم ذلك من خلال النقر على الإحداثيات (0,0) و من ثم على الإحداثيات (0.002,0). أخيراً, ننقر على الزر موافق OK لإتمام المهمة حيث نحصل على الشكل الدائري للثقب كما مبين في الشكل (5.47).

الشكل (5.46)




1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
21:00:42
Y
X
Two Dimensional Structural Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.47)

5. طرح المساحة الدائرية من المساحة المربعة , و هذا يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Booleans>Subtract>Areas

و هذا يؤدي بدوره الى فتح نافذة الإنتقاء Pick Menu , الآن ننقرعلى المساحة المربعة و من ثم ننقر على الزر موافق OK بعد ذلك ننقر على المساحة الدائرية و من ثم ننقر على الزر موافق OK , و نتيجة لذلك نحصل على مساحة مربعة حاوية على ثقب دائري كما مبين في الشكل (5.48).

6. تشبيك النموذج Model Meshing , حيث يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Size Cntrls>Manual Size>Global>Size

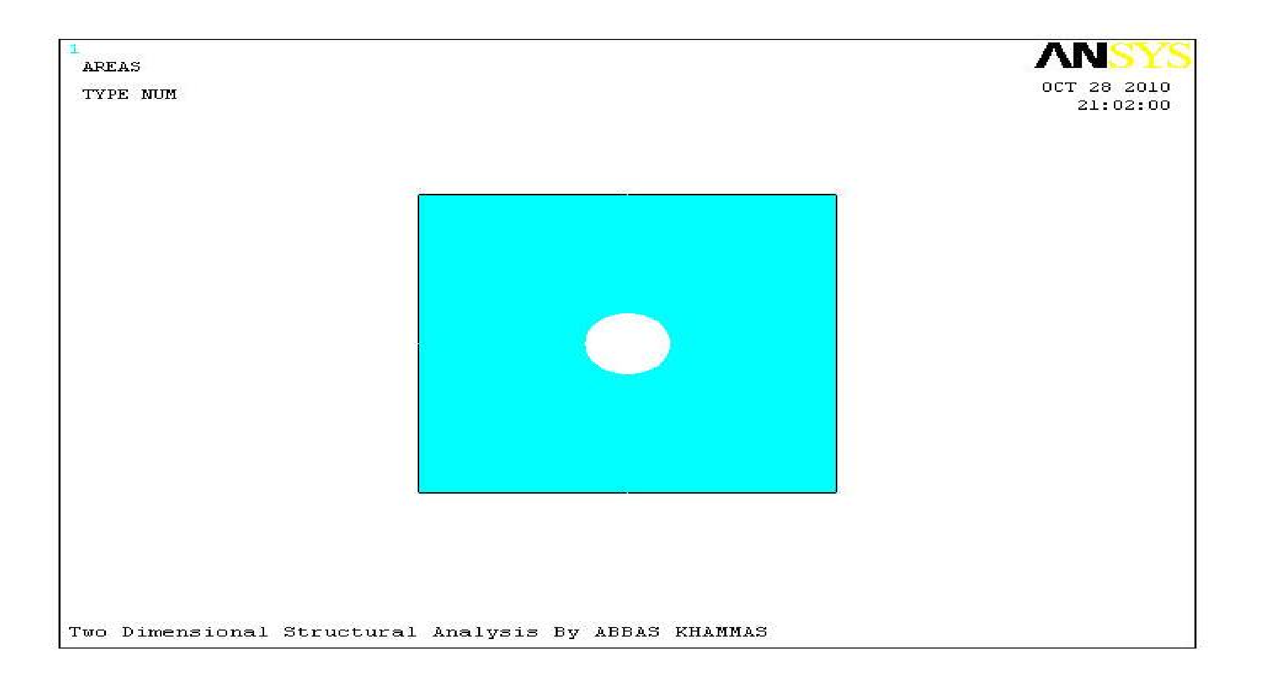
حيث يؤدي هذا المسار الى فتح صندوق حوار حجوم العناصر Global Element Sizes Dialog Box , الآن نقوم بتحديد عدد التقسيمات من خلال إدخال القيمة التالي:

NDIV No. of Element Divisions = 12

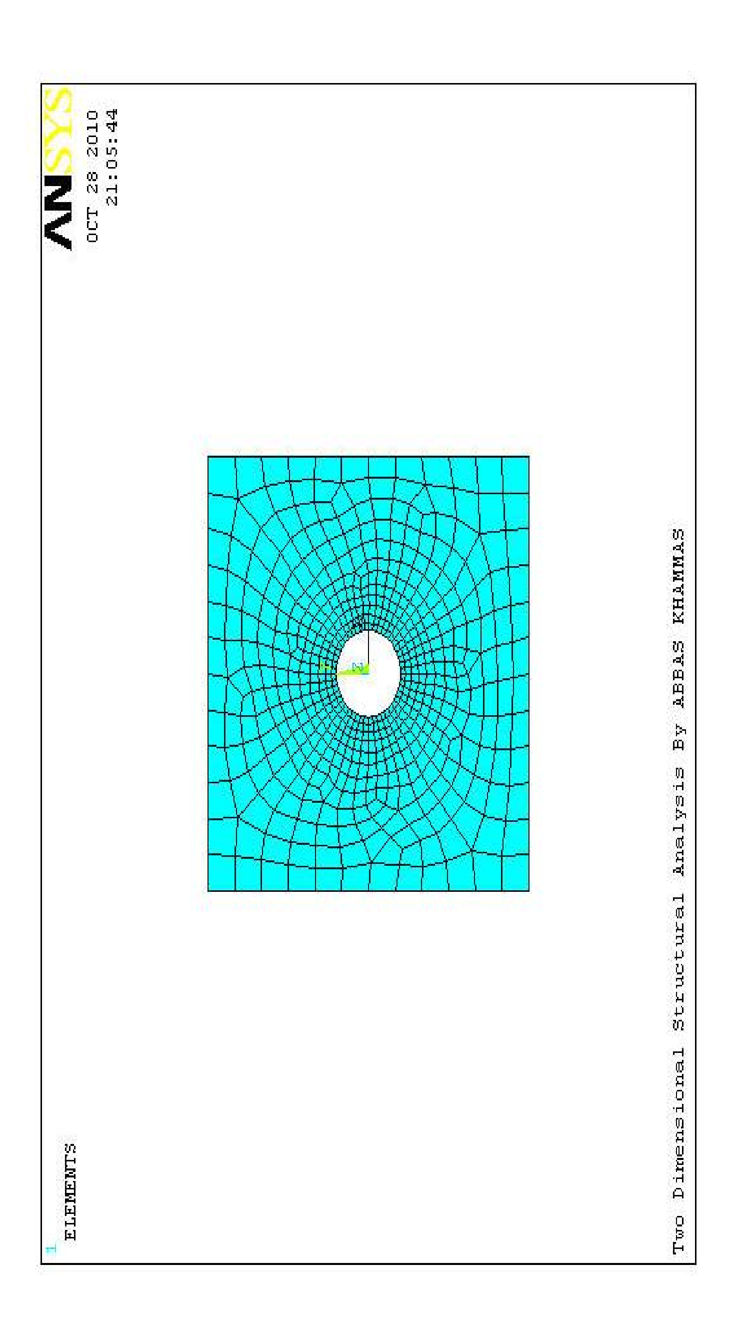
حيث يؤدي ذلك الى تحديد عدد تقسيمات العنصر لكل خط من النموذج. أخيراً, نقوم بتشبيك النموذج بواسطة مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Area>Free

حيث يؤدي ذلك الى فتح نافذة الإنتقاء , نختار مساحة الصفيحة بواسطة النقر عليها و من ثم ننقر على الزر موافق OK , للحصول على النموذج المشبك كما مبين في الشكل (5.49).


1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
21:02:00
Two Dimensional Structural Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.48)


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
21:05:44
Two Dimensional Structural Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.49)

5.3.2 الحل Solution

حيث يتم من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. تطبيق قيود الإزاحة Displacement Constraints من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> isplacement>On Nodes

حيث يؤدي ذلك الى فتح نافذة الإنتقاء , نختار منها زر الخيار Box و من ثم نرسم من خلال زر الخيار هذا مستطيلاً بحيث يحيط بالخط العلوي من الصفيحة و نتيجة لذلك يتم إختيار جميع العقد Nodes التي تقع على طول هذا الخط و من ثم ننقر على الزر موافق OK يؤدي ذلك الى فتح نافذة تطبيق قيود الإزاحة , الآن, نقوم بتظليل (ALL DOF) في مجال النص Lab2 Dofs to be Constrained: ALL DOF و نتيجة لذلك يتم وضع قيود الإزاحة غي الخط العلوي (الحافة العلوية) من الصفيحة كما مبين في الشكل (5.50).

2. نقوم بتسليط القوة على الحافة السفلية من الصفيحة بإتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Structural> orce/Moment>On Nodes

و نتيجة لذلك تظهر قائمة الإنتقاء , نختار العقد الموجودة على الخط السفلي (الحافة السفلية) من الصفيحة بإستخدام زر الخيار Box من قائمة الإنتقاء.

إن عدد العقد التي نقوم بإختيارها يجب أن تدرج في قائمة الإنتقاء و هنا تشير هذه القائمة الى قائمة تطبيق القوة/العزم على العقد Apply F/M on Nodes في التبويب Count و هنا على سبيل المثال عدد العقد التي تم إختيارها هو (25) كما مبين في الشكل (5.51).

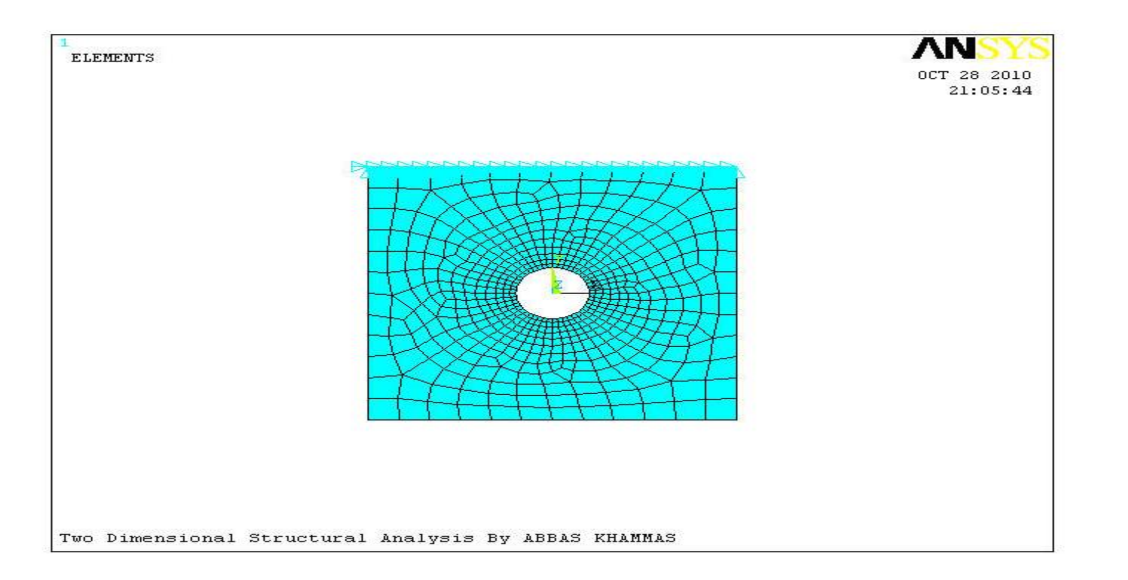
الآن, ننقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء و هذا يؤدي بدوره الى فتح نافذة أخرى يتم من خلالها إدخال مايلي:

[F] Apply Force/Moment on Nodes

Lab Direction of force/mom: FY

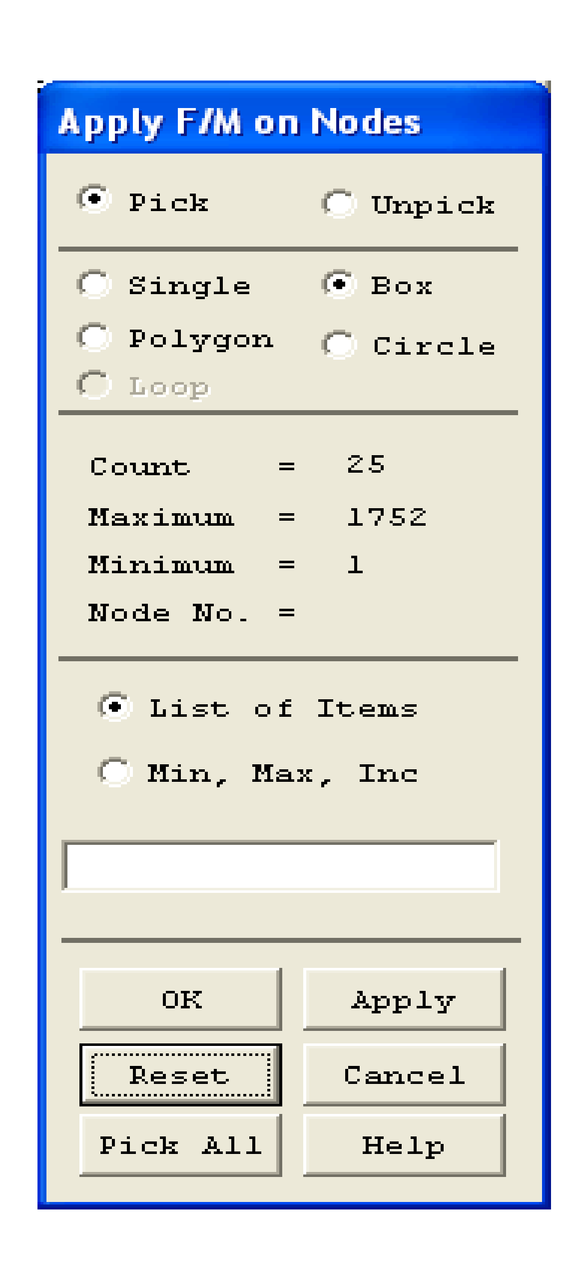
VALUE Force/Moment Value: -1000/25

ومن ثم ننقر على الزر موافق OK حيث يؤدي ذلك اى تسليط الحمل الكلي (1000 N) على الحافة السفلية للصفيحة (1000/25 Per Node for 25 Nodes) كما مبين في الشكل (5.52).

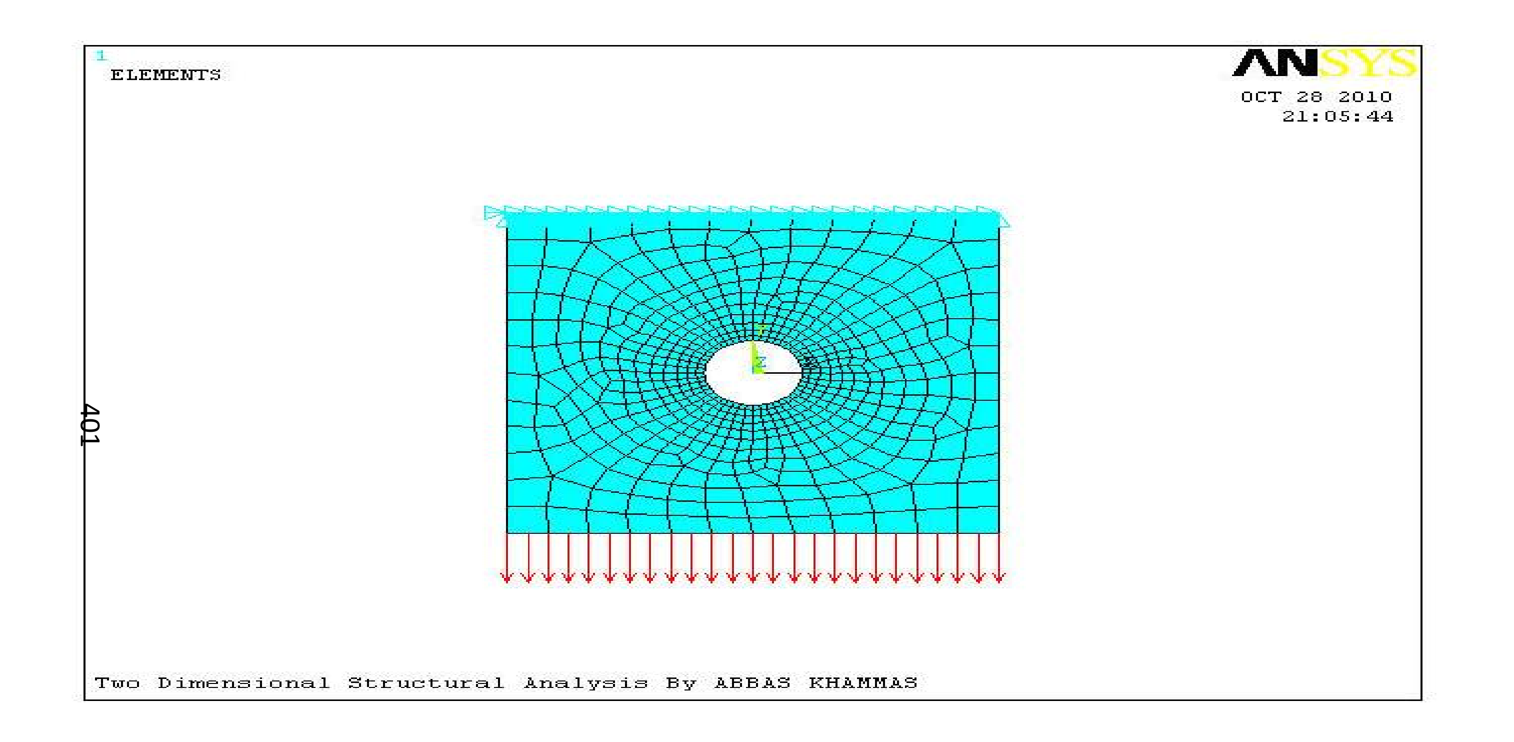


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
21:05:44
Two Dimensional Structural Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.50)


Apply F/M on Nodes
Pick
Unpick
Single
Box
Polygon
Circle
Loop
Count = 25
Maximum = 1752
Minimum = 1
Node No. =
List of Items
Min, Max, Inc
OK
Apply
Reset
Cancel
Pick All
Help

الشكل (5.51)


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
21:05:44
Two Dimensional Structural Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.52)

3. الآن, يمكننا الحصول على الحل Solution من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Solve>Current LS

وهذا يؤدي بدوره يؤدي الى ظهور قائمة التأكيد (التثبّت) Confirmation Window مع نافذة تقرير الحالة Status Report Window , نقوم بمراجعة الحالة أو النتيجة فإذا كانت مناسبة (OK) نقوم بإغلاق نافذة تقرير الحالة و من ثم ننقر على الزر موافق OK في نافذة التأكيد , بعد ذلك ننتظر حتى يصدر برنامج Ansys الإيعاز:

(Solution is done!).

5.3.3 المعالجة اللاحقة Postprocessing

أخيراً, يمكننا إستعراض النتائج من خلال المعالجة اللاحقة و كما يلي:

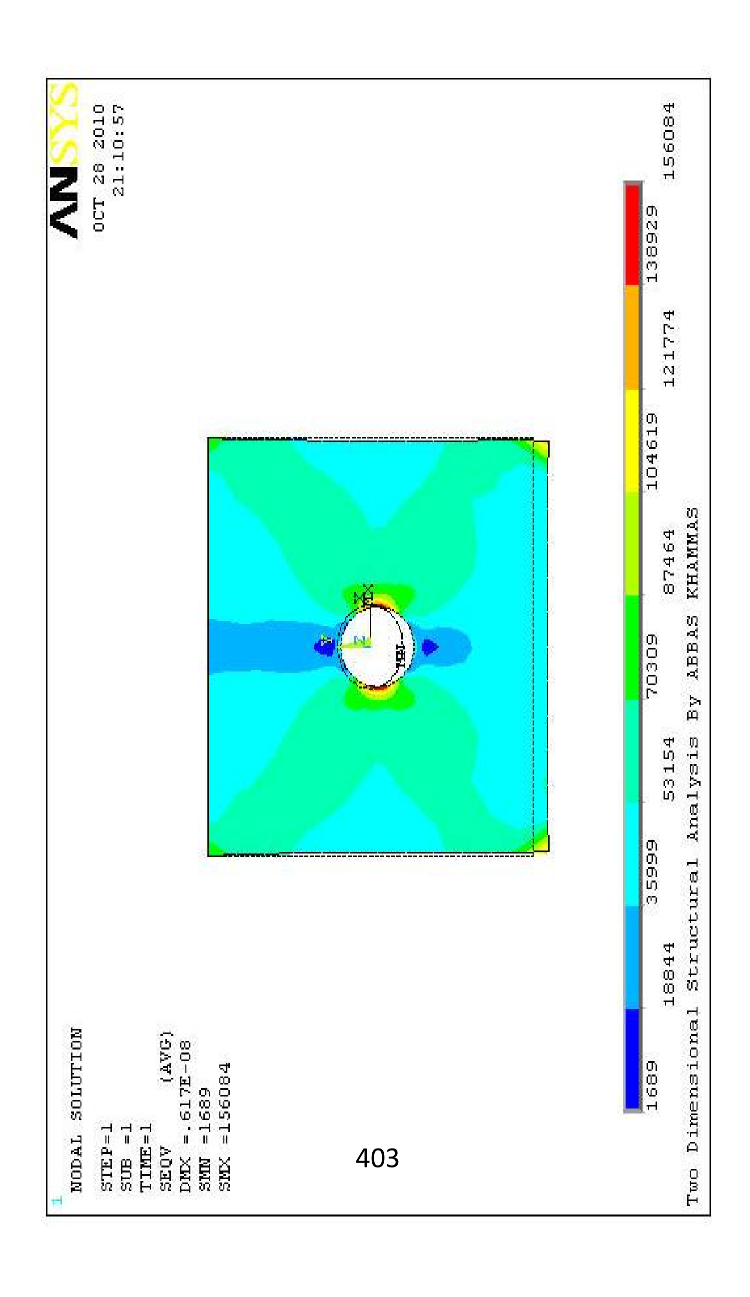
1. إستعراض الرسم الكفافي (الكنتوري) للإجهاد Stress Contour Plot من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu

حيث يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح نافذة نختار منها الإجهاد Stress من القائمة اليسرى و Von Mises SEQV من القائمة اليمنى و من ثم ننقر على الزر موافق OK للحصول على الرسم الكنتوري كما مبين في الشكل (5.53). إن قيم الإجهاد الدنيا و القصوى هي SMN=1689 و

SMX=156084. أما قيمة الإزاحة Displacement فهي DMX=0.617E-08.

الشكل (5.53)



2. يمكننا أيضاً إستعراض نتائج تغير الإجهاد على طول المسار المعين في الصفيحة و هذا يتطلب إتباع الخطوات التالية:

1) تعريف المسار Path الذي نريد معرفة تغيّر الإجهاد عنده.

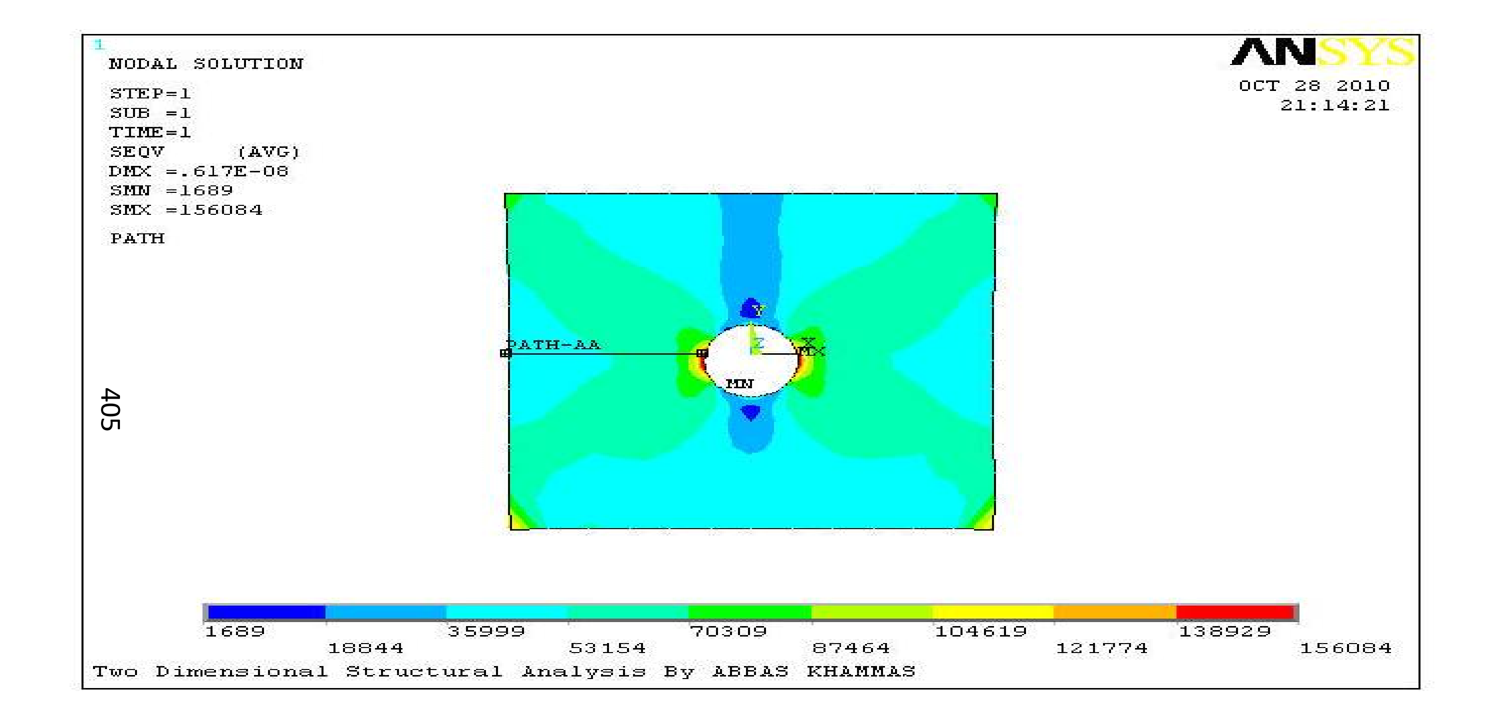
2) إختيار العناصر التي نريد معرفة سلوكها عند ذلك المسار و تم ذلك من خلال تمثيل العناصر Mapping.

3) الحصول على الرسم المطلوب.

يمكننا تعريف المسار من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Define Path>By Nodes

حيث يؤدي ذلك الى فتح نافذة الإنتقاء , نختار على سبيل المثال العقد المبينة في الشكل (5.54) أي المسار (Path-AA) ثم ننقر على الزر موافق OK , يؤدي ذلك بدوره الى فتح صندوق حوار الإختيار بواسطة العقد By Nodes Dialog Box, نقوم بإدخال إسم يصف ذلك المسار , على سبيل المثال (Path-AA) في مجال الإدخال Define Path Name و من ثم ننقر على الزر موافق OK , ثم نقوم بإغلاق نافذة حالة الأمر للمسار Path Command Status Window.

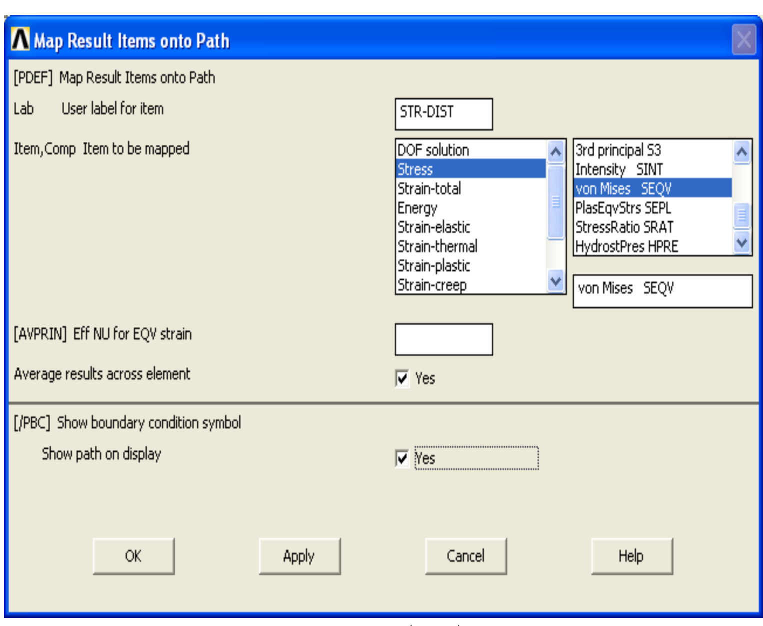

1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SEQV (AVG)
DMX =.617E-08
SMN =1689
SMX =156084
PATH
ANSYS
OCT 28 2010
21:14:21
PATH-AA
Y
Z
X
MX
MN
1689
18844
35999
53154
70309
87464
104619
121774
138929
156084
Two Dimensional Structural Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.54)

الآن, يمكننا تمثيل النتائج Mapping في ذلك المسار بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Map onto Path

يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح صندوق حوار تمثيل عناصر النتيجة في المسار المعرّف Map Results Items onto Path Dialog Box كما مبين في الشكل (5.55).

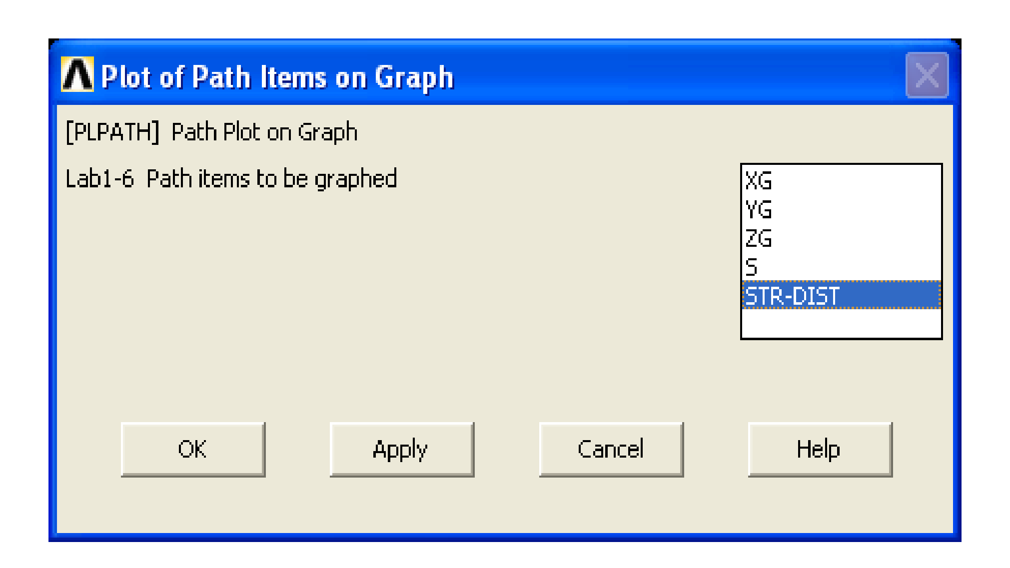


الشكل (5.55)

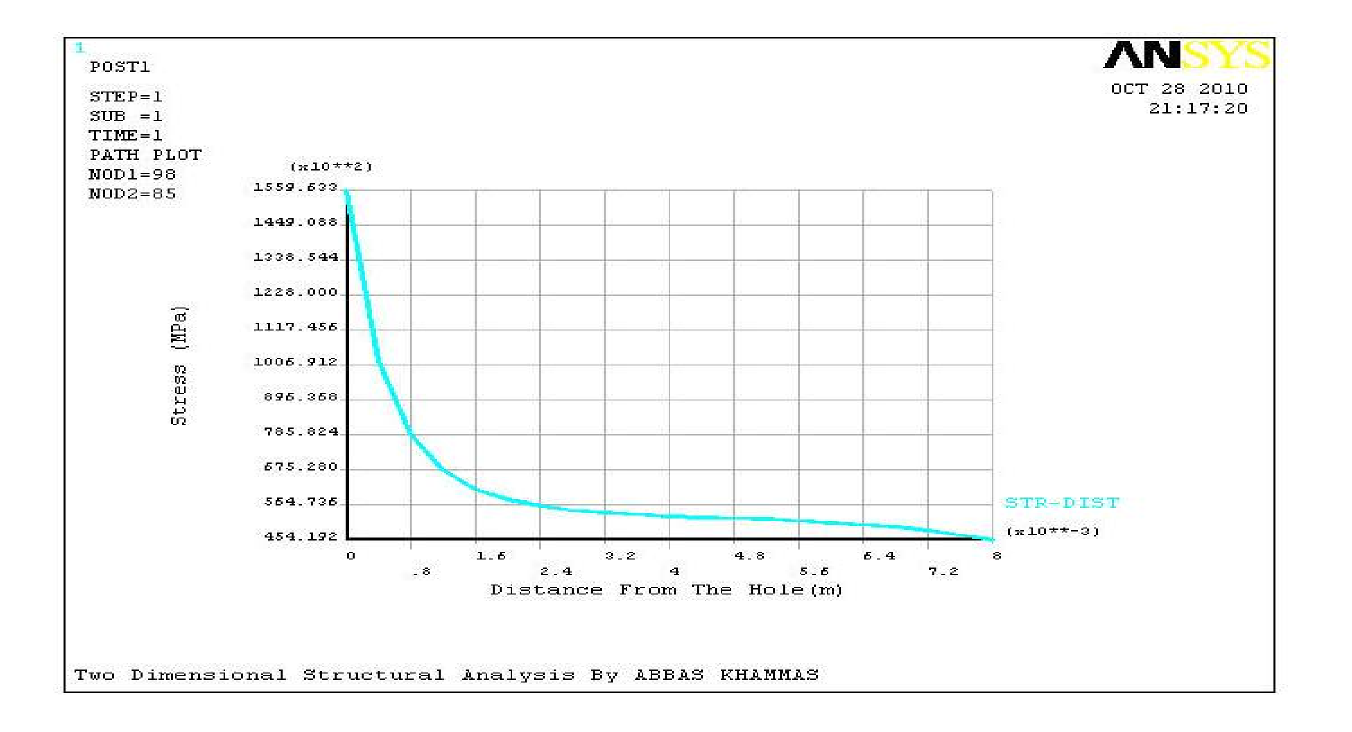
الآن, نقوم بإدخال إسم يشير الى عناصر النتيجة في المجال Lab User Label for Item ليكن على سبيل المثال (STR-DIST) ثم نختار Stress من القائمة اليسرى و Von Mises SEQV من القائمة اليمنى و من ثم ننقر على الزر موافق OK.أخيراً, يمكننا الحصول على العلاقة مابين الإجهاد Stress و المسافة من حافة الثقب Hole (أي المسار PATH-AA) من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Plot Path Items>On Graph

يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح صندوق حوار رسم عناصر المسار في الرسم البياني Plot of Path Items on Graph Dialog Box كما مبين في الشكل (5.56) , نختار منه (STR-DIST) ثم ننقر على الزر موافق OK للحصول على الرسم البياني المبين في الشكل (5.57).


Plot of Path Items on Graph
[PLPATH] Path Plot on Graph
Lab1-6 Path items to be graphed
XG
YG
ZG
S
STR-DIST
OK
Apply
Cancel
Help

الشكل (5.56)


1
POST1
STEP=1
SUB =1
TIME=1
PATH PLOT
NOD1=98
NOD2=85
ANSYS
OCT 28 2010
21:17:20
(x10**2)
1559.633
1449.088
1338.544
1228.000
1117.456
1006.912
896.368
785.824
675.280
564.736
454.192
Stress (MPa)
0
.8
1.6
2.4
3.2
4
4.8
5.6
6.4
7.2
8
Distance From The Hole(m)
STR-DIST
(x10**-3)
Two Dimensional Structural Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (5.57)

الفصل السادس

تطبيقات هندسية حول التحليل الحراري

ENG. APPL.S IN THERMAL ANALYSIS

6.1 مقدمة Introduction

يتضمن التحليل الحراري عادة حساب توزيع درجات الحرارة Temperatures Distribution و كذلك الكميات الحرارية المرتبطة بالنظام System المكونة Component. إن هذه الكميات الحرارية تتضمن:

1. توزيع درجة الحرارة Temperature Distribution.
2. كمية الفقدان أو الإكتساب الحراري Amount of Heat Lost or Gained.
3. التدرج الحراري Thermal Gradient.
4. الدفق الحراري Thermal Flux.

إن المحاكاة الحرارية Thermal Simulation بإستخدام برنامج Ansys تلعب دوراً مهماً في تصميم العديد من الأجزاء الهندسية مثل:

1. مكائن الإحتراق الداخلي Internal Combustion Engines.
2. التوربينات Turbines.
3. المبادلات الحرارية Heat Exchanger.
4. شبكة الأنابيب Piping Systems.
5. الأجزاء الإلكترونية Electronic Components.

و في العديد من الحالات يتم عادة متابعة التحليل الحراري مع التحليل الإجهادي من قبل المهندسين و ذلك لحساب الأجهادات الحرارية Thermal Stresses التي يمكن أن تحدث نتيجة التمدد الحراري Thermal Expansion أو الإنكماش الحراري Thermal Contraction.

وفي هذا الفصل سيتم التطرق الى التطبيقات الحرارية التالية:

1. إنتقال الحرارة العابر (الموقت) في بعد واحد One-Dimensional Transient Heat Transfer.
2. إنتقال الحرارة الثنائي الأبعاد في الصفيحة الحاوية على ثقب دائري Two-Dimensional Heat Transfer in a Plate with a Circular Hole.

6.2 إنتقال الحرارة العابر (الموقت) في بعد واحد

One-Dimensional Transient Heat Transfer

في هذا المثال ندرس مسألة إنتقال الحرارة العابر في بعد واحد كما مبين في الشكل (6.1). إن هذه المسألة هي من النوع المعتمد على الزمن Time-Dependent , و بالإضافة الى الموصلية الحرارية Thermal Conductivity فإن الحرارة النوعية Specific Heat و كثافة المادة أيضاً سوف تؤخذ بنظر الإعتبار. أما المعادلة المرتبطة بهذا التطبيق فإنها تتضمن:

$$\rho\, c \frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \qquad 0 \le x \le l \qquad (6.1)$$

أما الشروط الحدودية Boundary Conditions و الشروط الإبتدائية Initial Conditions فإنها تتضمن:

$$T(x=0,t) = T_a = 100$$
$$T(x=l,t) = T_b = 0$$
$$T(x,t=0) = f(x) = 0 \qquad (6.2)$$

إن الحل التحليلي Analytical Solution لهذه المسألة مبين في أدناه:

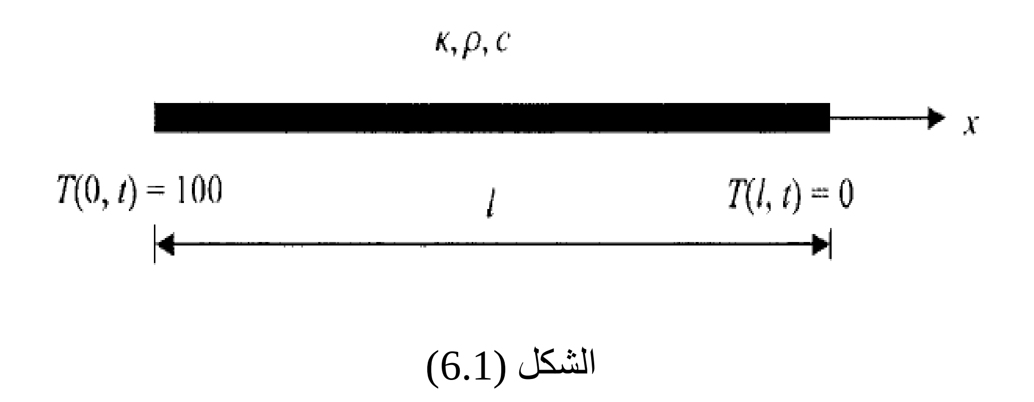
$$T(x,t) = T_a + (T_b - T_a)\frac{x}{l} + \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\frac{T_b \cos n\pi - T_a}{n}\sin\frac{n\pi x}{l} e^{-\alpha n^2 \pi^2 t / l^2}$$
$$+ \frac{2}{l}\sum_{n=1}^{\infty}\sin\frac{n\pi x}{l} e^{-\alpha n^2 \pi^2 t / l^2}\int_0^1 f(x')\sin\frac{n\pi x'}{l}dx' \qquad (6.3)$$

حيث أن $\alpha = k/(\rho\, c)$, و عند التعويض بالقيم التالية:

$T_a = 100$, $T_b = 0$, $f(x) = 0$, $l = 2$, $k = 1$, $\rho = 10$, $c = 3$

فإن المعادلة (6.3) تصبح:

$$T(x,t) = 100 - 100\frac{x}{2} + \frac{2}{\pi}\sum_{n=1}^{\infty}\left(-\frac{100}{n}\right)\sin\frac{n\pi x}{2}e^{-n^2\pi^2 t/120} \qquad (6.4)$$



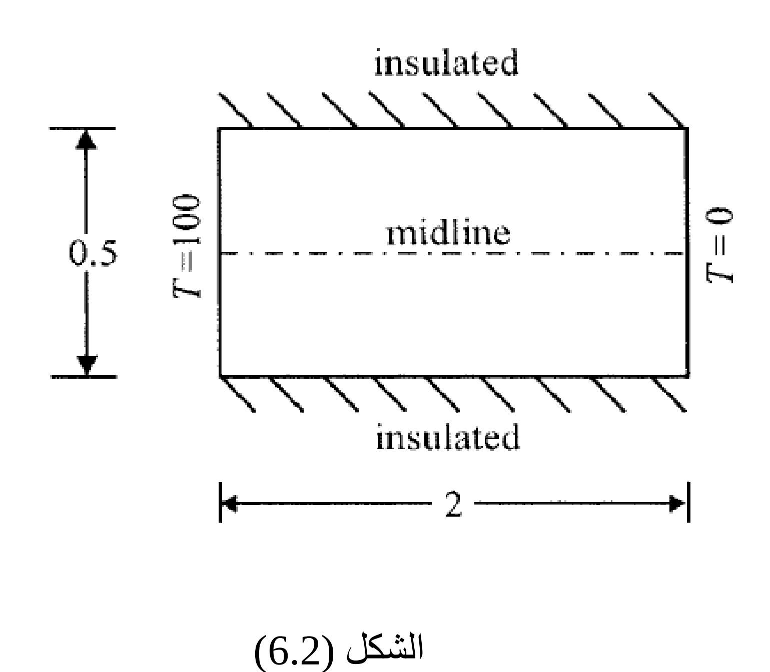
الشكل (6.1)

أما بالنسبة للحل العددي Numerical Solution بإستخدام برنامج Ansys فإنه يمكن أن يتم بالإعتماد على الشروط الحدودية المشار إليها في الشكل (6.2) في مدى الفترة الزمنية ($0 \le t \le 5$) حيث يتم الحل بإستخدام العناصر الثنائية الأبعاد من النوع 2-D PLANE55 . و يمكننا توليد النموذج بإستخدام:

1. أربعة تقسيمات للعنصر 4 Elements Division على طول الحدود العمودية.
2. عشرين تقسيمة للعنصر 20 Elements Divisions على طول الحدود الأفقية.

أما تغيرات درجات الحرارة Temperature Variations على طول الخط الوسطي Middle Line عند الفترات الزمنية (t=0.1, 0.5,

(and 5 فيتم الحصول عليها بواسطة برنامج Ansys و من ثم يتم رسم الحل الدقيق Exact Solution مع الحل العددي بإستخدام برنامج Ansys.



الشكل (6.2)

6.2.1 توليد النموذج Model Generation

يمكننا توليد النموذج من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. تحديد إسم المهمة Jobname ليكن (1d_dif) بإستخدام مسار القائمة التالي:

Utility Menu>File>Change Jobname

و نتيجة لذلك يظهر صندوق حوار نطبع فيه إسم المهمة (1d_dif) في مجال النص Enter new jobname [/FILNAM] ومن ثم يتم النقر على صندوق الإختيار Check Box الخاص بالمجال New log and error files للتأكيد على الموافقة ومن ثم النقر على الزر موافق OK.

2. تعريف نوع العنصر Element Type بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/Edit Delete

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

1) النقر على الزر إضافة Add Button.
2) إختيار Thermal Solid من القائمة الموجودة في الجانب الأيسر و إختيار Quad 4node 55 من القائمة الموجودة في الجانب الأيمن و من ثم ننقر على الزر موافق OK.
3) النقر على الزر إغلاق Close.

3. تحديد خواص المادة Material Properties بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

1) في صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة Define Material Model Behavior Dialog Box الذي يفتح نتيجة المسار أعلاه , ننقر نقراً مزدوجاً على الخيارات Thermal , Conductivity, Isotropic و هذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار آخر.

2) نقوم بإدخال القيمة (1) في المجال KXX ومن ثم النقر على الزر موافق OK.

3) في النافذة اليمنى من صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة , ننقر نقراً مزدوجاً على الخيار Specific Heat حيث يؤدي ذلك الى فتح صندوق حوار آخر

4) نقوم بإدخال القيمة (3) في المجال (C) و من ثم النقر على الزر موافق OK.

5) مرة أخرى , في النافذة اليمنى من صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة ننقر نقراً مزدوجاً على الخيار Density حيث يؤدي هذا الى فتح صندوق حوار آخر.

6) نقوم بإدخال القيمة (10) في المجال DENS و من ثم النقر على الزر موافق OK.

7) نغلق صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة بإتباع مسار القائمة التالي:

Material>Exit

4. إنشاء النموذج الصلب Solid Model حيث يتم من خلال الخطوات التالية:

1) إنشاء المساحة المستطيلة Rectangle Area بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Areas>Rectangle>By Dimensions

2) في صندوق حوار إنشاء المستطيل بواسطة الأبعاد Create Rectangle By Dimensions Dialog Box الذي يفتح نتيجة المسار أعلاه , نقوم بإدخال القيم التالية:

X1=0

X2=2

Y1=0

Y2=0.5

و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

5. إنشاء التشبيك , حيث يتم من خلال الخطوات التالية:

a) تحديد عدد العناصر على طول الحدود العمودية بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Size Cntrls>Manual Size>Lines>Picked Lines

b) بعد ذلك, يتم إنتقاء الخطين العموديين و من ثم النقر على الزر موافق OK.

c) بعد ظهور صندوق حوار حجوم العنصر في الخطوط Element Sizes on Lines Dialog Box نتبع الخطوات التالية:

1) إدخال القيمة (4) في مجال النص NDIV.

2) عدم تحديد (إختيار) Uncheck صندوق الخيار الأول Check Box.

3) النقر على الزرموافق OK.

d) تحديد عدد العناصر على طول الحدود الأفقية بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Size Cntrls>Manual Size>Lines>Picked Lines

e) إنتقاء الخطين الأفقيين ومن ثم النقر على الزر موافق OK.

f) بعد أن يعاد فتح صندوق حوار حجوم العنصر في الخطوط , نتبع الخطوات التالية:

1) إدخال القيمة (20) في المجال NDIV.

2) عدم تحديد (إختيار) Uncheck صندوق الخيار الأول Check Box.

3) النقر على الزرموافق OK.

g) إنشاء التشبيك Meshing من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Areas>Mapped>3 or 4 Sided

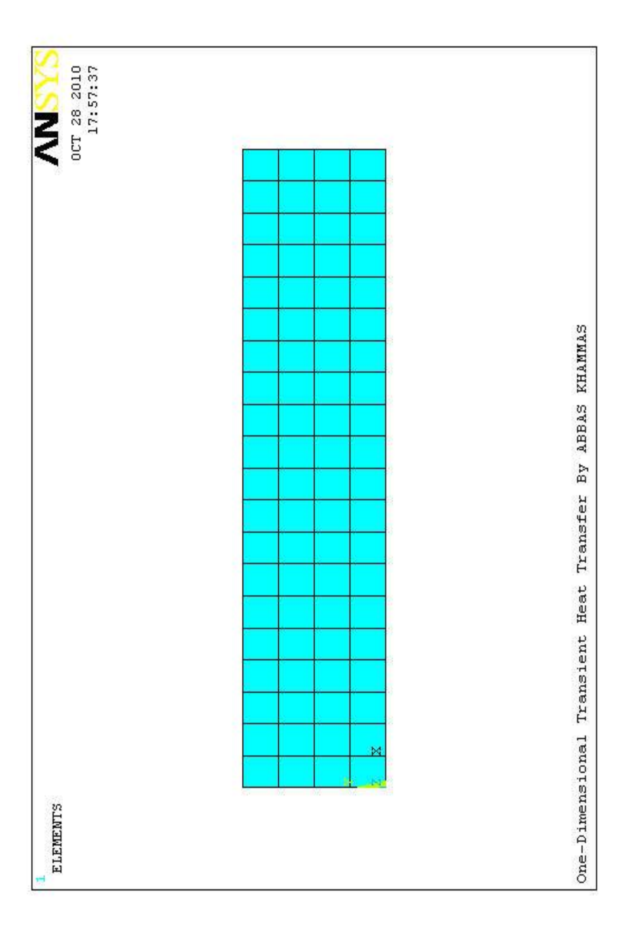
g) ننقر على الزر إنتقاء الكل Pick All في قائمة الإنتقاء Pick Menu التي تظهر نتيجة المسار أعلاه.

h) الشكل (6.3) يبين التشبيك الناتج من المسارات أعلاه. إن هذا التشبيك سوف يتم إستخدامه في عملية التحليل اللاحقة.

6. حفظ النموذج Save The Model : حيث يتم ذلك بواسطة إتباع المسار التالي:

Utility Menu>File>Save as Jobname.db

حيث يتم حفظ النموذج بالإسم (1d_dif) في دليل العمل Working Directory.



الشكل (6.3)

6.2.2 الحل Solution

حيث يتم الحصول على الحل بإتباع الخطوات التالية:

1. تحديد نوع التحليل Analysis Type و هنا يتم إختيار تحليل عابر Transient بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Analysis Type>New Analysis

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

a) ننقر على الخيار Transient و من ثم النقر على الزر موافق OK.

b) ننقر على الزر موافق OK مرة أخرى بعد أن يفتح صندوق حوار جديد.

2. تحديد الشروط الحدودية لدرجة الحرارة Temperatures Boundary Conditions على طول الحدود العمودية بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply> hermal>Temperature>On Nodes

ومن ثم نتبع الخطوات التالية:

a) بعد أن تظهر نافذة الإنتقاء Pick Menu , ننقر على زر الخيار صندوق Box Radio-Button و بعد ذلك نرسم مستطيل حول العقد الموجودة على طول الحد العمودي الأيسر Left Vertical Boundary , ومن ثم ننقر على الزر موافق OK.

b) بعد أن يظهر صندوق حوار تطبيق درجة الحرارة على العقد Apply TEMP on Nodes Dialog Box , نقوم بتنشيط الخيار TEMP ومن ثم يتم إدخال القيمة (100) في المجال VALUE Load TEMP value و بعد ذلك ننقر على الزر تطبيق Apply.

3. تحديد الشروط الإبتدائية Initial Conditions ضمن النطاق المعين بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Initial Condit'n>Define

بعد ذلك نتبع الخطوات التالية:

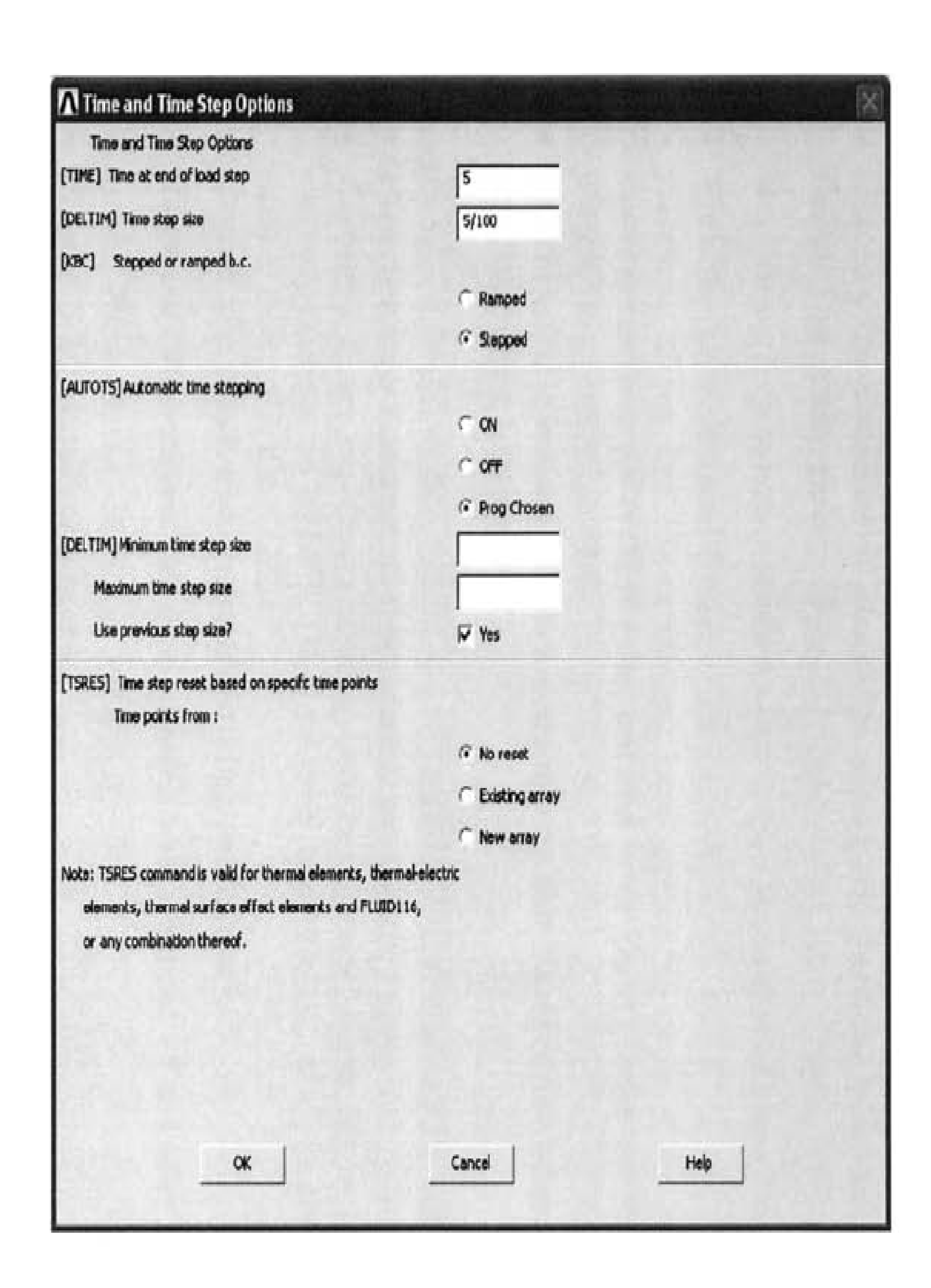
a) ننقر على الزر إنتقاء الكل Pick All بعد أن تظهر نافذة الإنتقاء.

b) بعد أن يظهر صندوق حوار تعريف الشروط الإبتدائية Define Initial Conditions Dialog Box نختار TEMP من القائمة المنفتحة (المنسدلة) نحو الأسفل Lab Pull-down Menu و من ثم نقوم بإدخال القيمة (0)في مجال النص VALUE , و أخيراً ننقر على الزر موافق OK.

4. تحديد معاملات الزمن Time Parameters من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Load Step Opts>Time/ requenc>Time-Time Step

بعد أن يظهر صندوق حوار خيارات خطوة الزمن و الزمن Time and Time Step Options Dialog Box كما مبين في الشكل (6.4) يتم إتباع الخطوات التالية:


Time and Time Step Options
Time and Time Step Options
[TIME] Time at end of load step
5
[DELTIM] Time step size
5/100
[KBC] Stepped or ramped b.c.
Ramped
Stepped
[AUTOTS] Automatic time stepping
ON
OFF
Prog Chosen
[DELTIM] Minimum time step size
Maximum time step size
Use previous step size?
Yes
[TSRES] Time step reset based on specific time points
Time points from :
No reset
Existing array
New array
Note: TSRES command is valid for thermal elements, thermal-electric
elements, thermal surface effect elements and FLUID116,
or any combination thereof.
OK
Cancel
Help

الشكل (6.4)

a) إدخال القيمة (5) في مجال النص [TIME] Time at end of load step.

b) إدخال القيمة (5/100) في مجال النص [DELTIM] Time step size.

c) ننقر على زر الخيار متدرج Stepped Radio Button بالنسبة الى [KBC]

d) ننقر على الزر موافق OK.

5. نحدد عوامل التحكم بالمخرجات Output Controls بإستخدام مسار القائمة التالي:

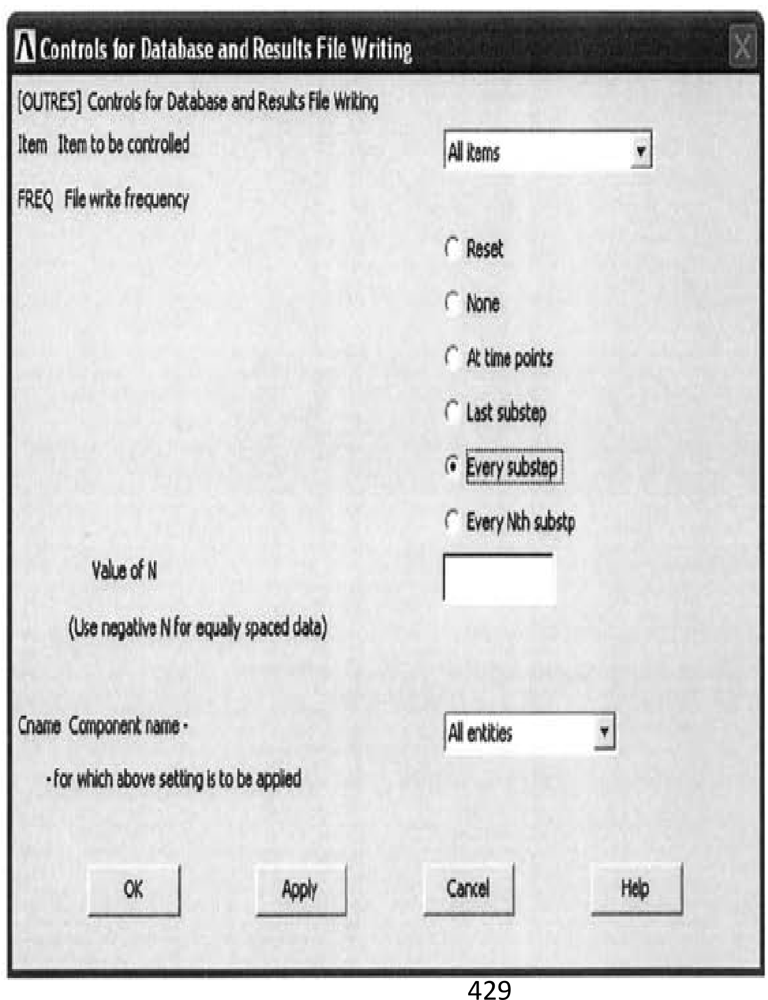
Main Menu>Solution>Load Step Opts>Output Ctrls>DB/Results File

حيث يظهر نتيجة المسار أعلاه صندوق حوار التحكم بقواعد البيانات و كتابة ملف النتائج Controls for Database and Results File Writing Dialog Box كما مبين في الشكل (6.5). بعد ذلك ننقر على زر الخيار Every Substep Radio-Button بالنسبة الى FREQ File write frequency و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

6. نحصل على الحل بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Solve>Current LS

بعد أن تظهر نافذة التأكيد (التثبّت) Confirmation Window ضمن نافذة تقرير الحالة Status Report Window تتم المراجعة فإذا كانت النتيجة موافقة OK يتم غلق نافذة تقرير الحالة و من ثم ننقر على الزر موافق OK في نافذة التأكيد و بعد ذلك ننتظر حتى يستجيب برنامج Ansys بالعبارة (تم إنجاز الحل) !Solution is done.



الشكل (6.5)

6.2.3 المعالجة اللاحقة العامة General Postprocessing

تتضمن المعالجة اللاحقة الخطوات التالية:

1. إستعراض النتائج عند نهاية الخطوة الأولى الفرعية First Substep و هذا يتم من خلال إتباع المسارات التالية:

Main Menu>General Postproc>Read Results>First Set

Main Menu>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu

بعد ذلك نتبع الخطوات التالية:

a) بعد أن يظهرصندوق حوار الرسم الكفافي (الكنتوري) لبيانات الحل العقدي Contour Nodal Solution Dialog Box نتبع الخطوات التالية:

1) نختار DOF Solution من القائمة اليسرى.

2) نختار Temperature TEMP من القائمة اليمنى.

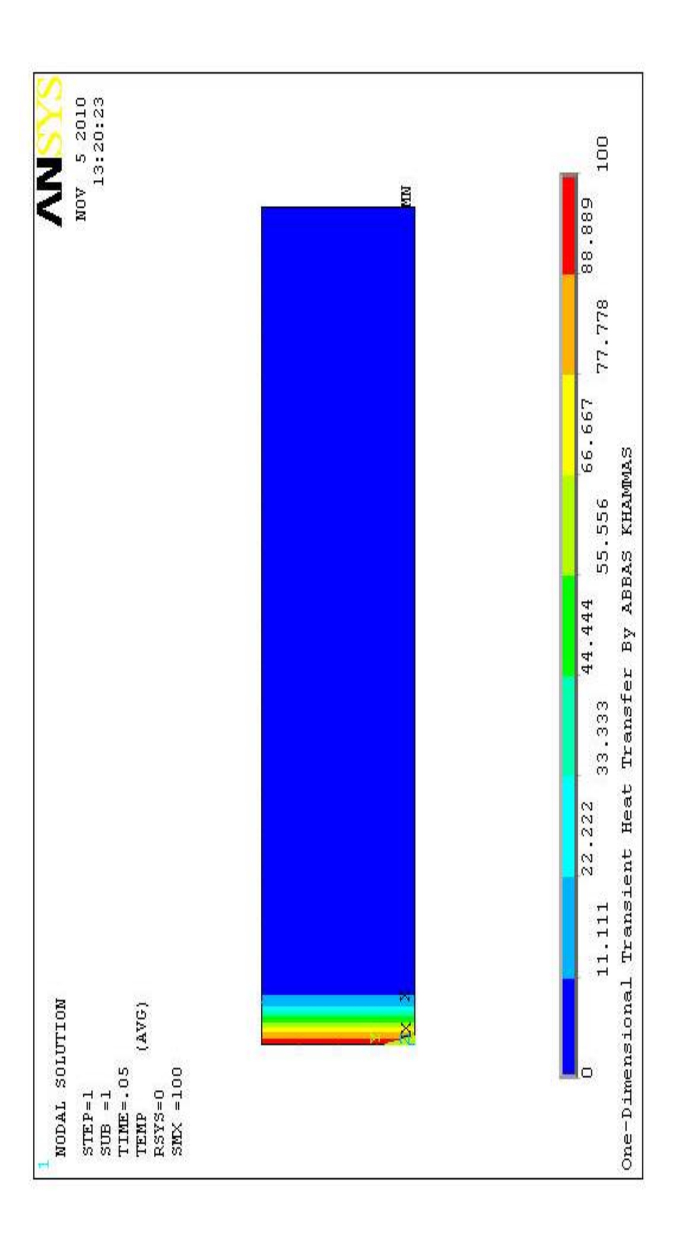
3) ننقر على الزر موافق OK.

و نتيجة لذلك يظهر الرسم الكنتوري عند (t=0.05) في نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (6.6).

2. إستعراض النتائج عند الخطوة الفرعية اللاحقة Next Substep بإستخدام المسارات التالية:

Main Menu>General Postproc>Read Results>Next Set

Main Menu>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=.05
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMX =100
ANSYS
NOV 5 2010
13:20:23
MN
MX
0
11.111
22.222
33.333
44.444
55.556
66.667
77.778
88.889
100
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.6)

بعد أن يظهر صندوق حوار الرسم الكنتوري لبيانات الحل العقدي , نختار DOF Solution من القائمة اليسرى , ثم نختار Temperature TEMP من القائمة اليمنى, و أخيراً ننقر على الزر موافق OK و نتيجة لذلك يظهر الرسم الكنتوري لتوزويع درجات الحرارة عند الفترة الزمنية (t=0.1) كما مبين في الشكل (6.7).

3. إستعراض النتاج عند (t=0.4) و هذا يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Read Results>By Time/Freq

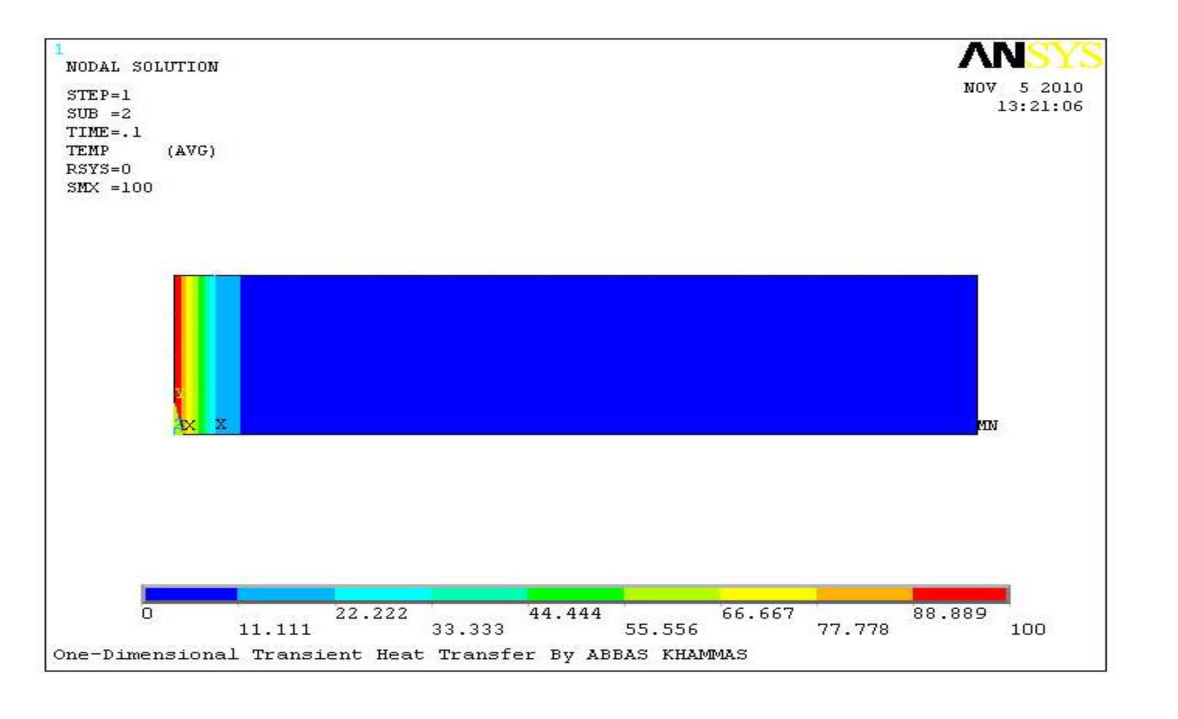
و نتيجة لذلك يظهر صندوق حوار قراءة النتائج بواسطة الزمن أو التكرار Read Results by Time or Frequency Dialog Box كما مبين في الشكل (6.8). و في هذا الصندوق نقوم بإدخال القيمة (0.4)في مجال النص TIME Value of time or freq ومن ثم ننقر على الزر موافق OK حيث نحصل بعد ذلك على الرسم الكنتوري لدرجة الحرارة كما مبين في الشكل (5.9).

4. إستعراض النتائج عند الخطوة الفرعية الأخيرة Last Substep بإستخدام المسارات التالية:

Main Menu>General Postproc>Read Results>Last Set

Main Menu>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu

بعد أن يظهر صندوق حوار الرسم الكنتوري لبيانات الحل العقدي , نختار DOF Solution من القائمة اليسرى , ثم نختار Temperature TEMP من القائمة اليمنى, و أخيراً ننقر على الزر موافق OK و نتيجة لذلك يظهر الرسم الكنتوري لتوزويع درجات الحرارة عند الفترة الزمنية (t=5) كما مبين في الشكل (6.10).


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =2
TIME=.1
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMX =100
ANSYS
NOV 5 2010
13:21:06
MN
0
11.111
22.222
33.333
44.444
55.556
66.667
77.778
88.889
100
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.7)

Read Results by Time or Frequency

Read Results by Time or Frequency

[SET] [SUBSET] [APPEND]

Read results for — Entire model

TIME Value of time or freq — 0.4.

LSTEP Results at or near TIME — At TIME value

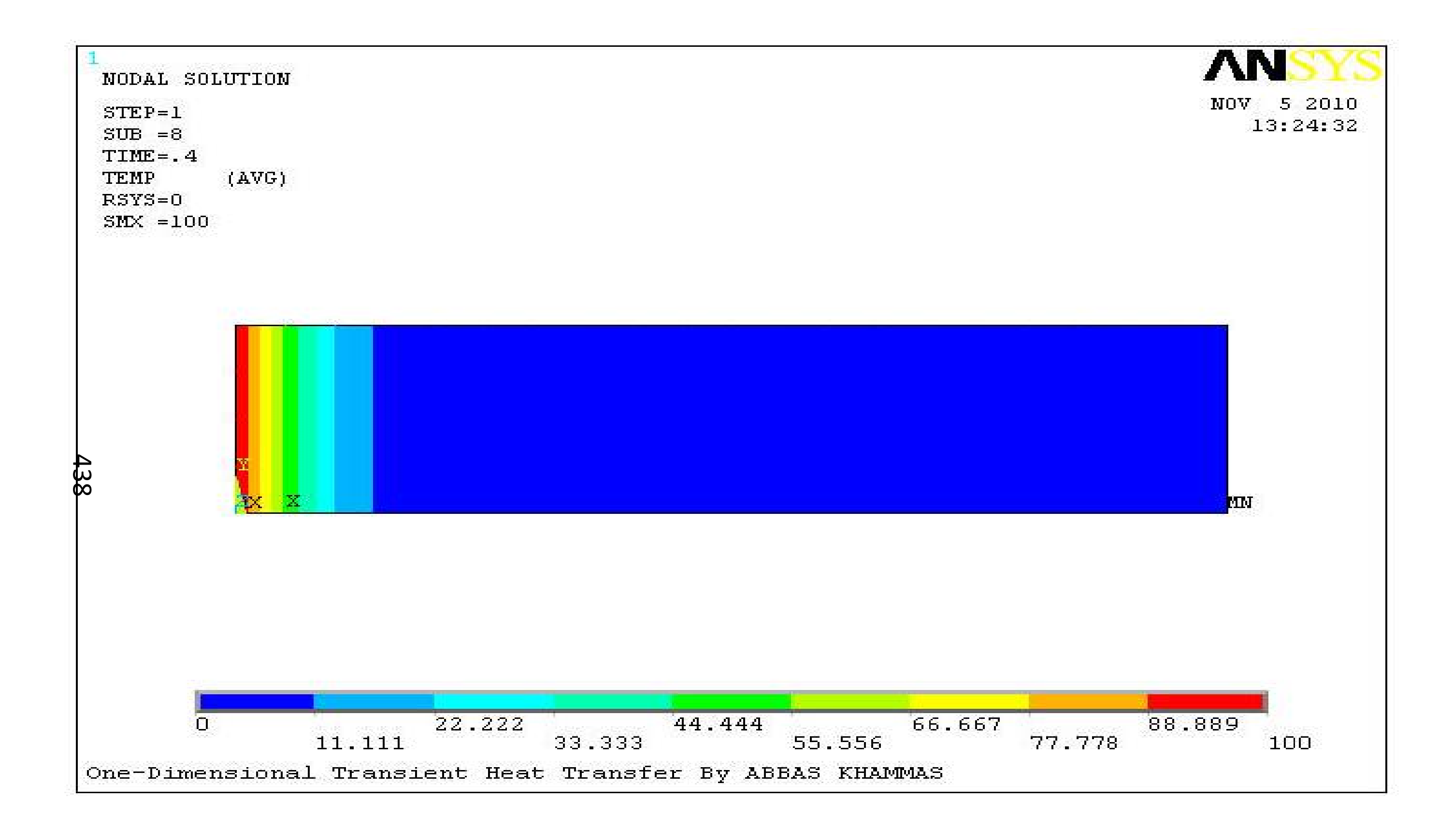
FACT Scale factor — 1

ANGLE Circumferential location

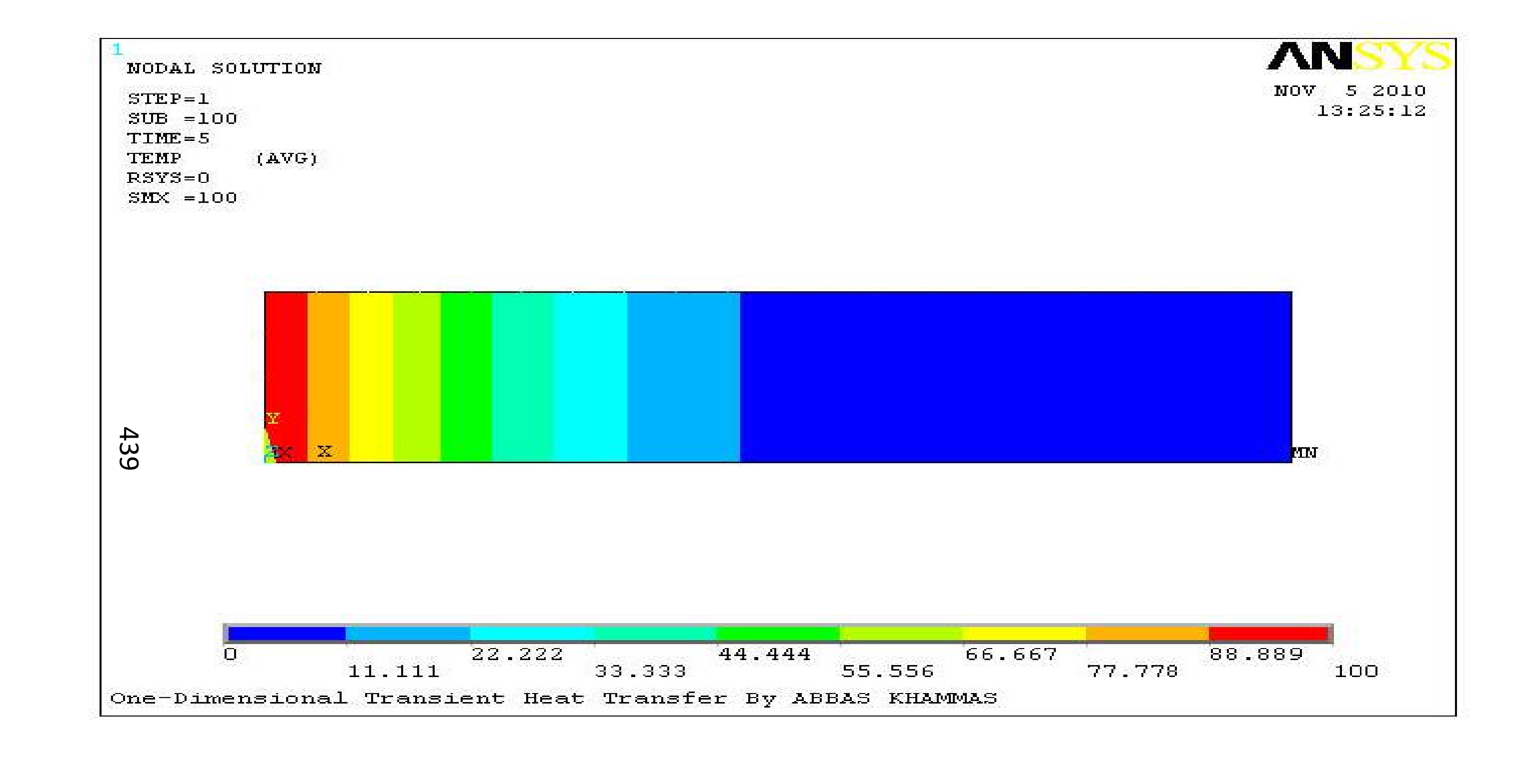
-for harmonic elements

OK Cancel Help

الشكل (6.8)


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =8
TIME=.4
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMX =100
ANSYS
NOV 5 2010
13:24:32
MN
0
11.111
22.222
33.333
44.444
55.556
66.667
77.778
88.889
100
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.9)


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =100
TIME=5
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMX =100
ANSYS
NOV 5 2010
13:25:12
Y
X
MN
0
11.111
22.222
33.333
44.444
55.556
66.667
77.778
88.889
100
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.10)

5. عرض الرسم الخاص بمتجه الدفق الحراري Thermal Flux Vector Plot عند (t=5) و هذا يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Plot Results>Vector Plot>Predefined

بعد ان يظهر صندوق حواررسم المتجه للمتجهات المعرّفة بشكل مسبق Vector Plot of Predefined Dialog Box نتيجة المسار أعلاه , نختار Thermal Flux TF من القائمة اليمنى و من ثم ننقر على الزر موافق OK. و نتيجة لذلك يظهر رسم المتجه Vector Plot للدفق الحراري في نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (6.11) عند الفترة الزمنية (t=5).

6. إستعراض النتائج بواسطة رسومات المسار Path Plots حيث يتم ذلك من خلال الخطوات التالية:

a) رسم العناصر بإستخدام مسار القائمة التالي:

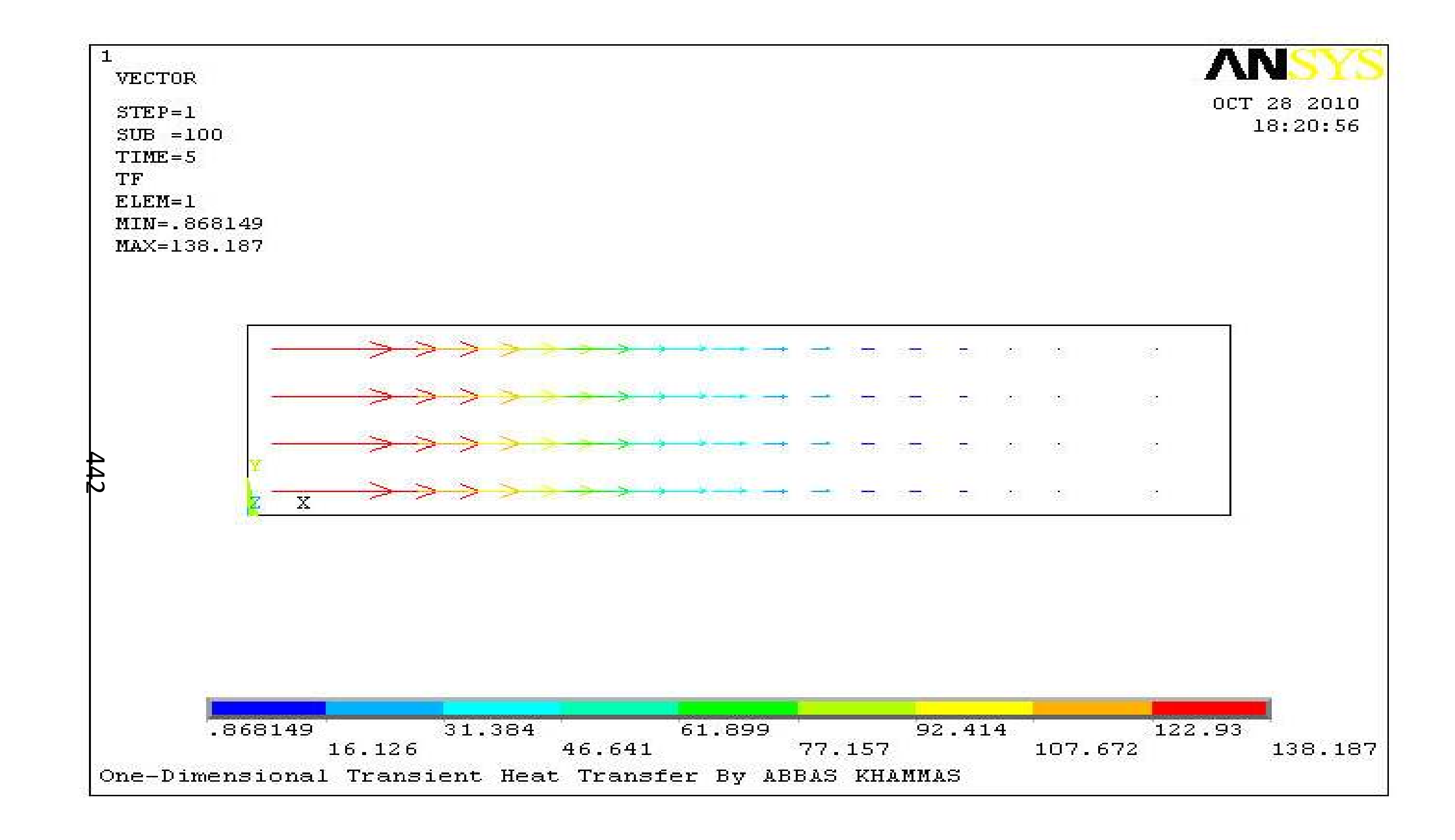
Utility Menu>Plot>Elements

b) تفعيل Turn On الترقيم من خلال مسار القائمة التالي:

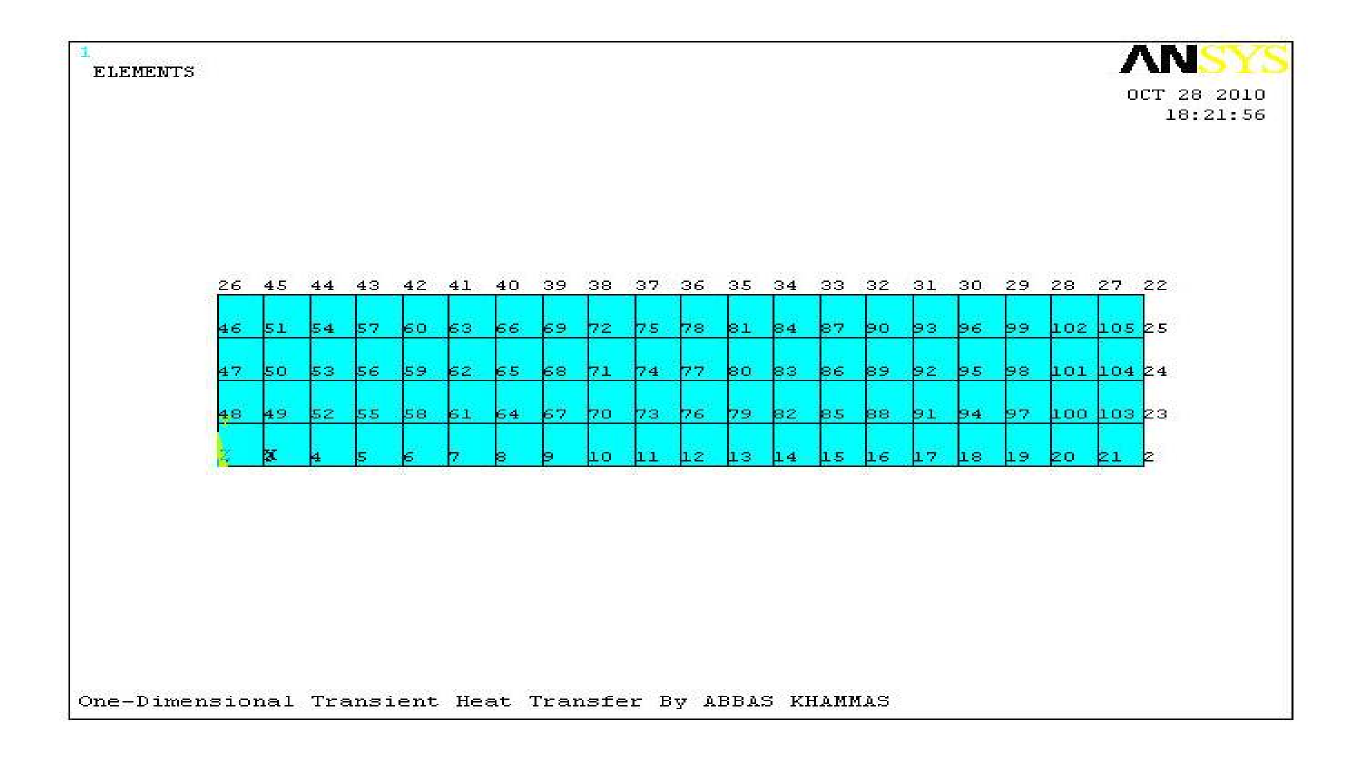
Utility Menu>PlotCtrls>Numbering

c) بعد بعد أن يظهر صندوق حوار التحكم بالترقيم Plot Numbering Controls Dialog Box , ننقر على صندوق الإختيار Check Box بالنسبة للخيار NODE Node numbers

و ذلك لتفعيل ترقيم العقد ومن ثم ننقر على الزر موافق OK للحصول على النتيجة المبينة في الشكل (6.12).


1
VECTOR
STEP=1
SUB =100
TIME=5
TF
ELEM=1
MIN=.868149
MAX=138.187
ANSYS
OCT 28 2010
18:20:56
Y
Z
X
.868149
16.126
31.384
46.641
61.899
77.157
92.414
107.672
122.93
138.187
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.11)


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
18:21:56
26 45 44 43 42 41 40 39 38 37 36 35 34 33 32 31 30 29 28 27 22
46 51 54 57 60 63 66 69 72 75 78 81 84 87 90 93 96 99 102 105 25
47 50 53 56 59 62 65 68 71 74 77 80 83 86 89 92 95 98 101 104 24
48 49 52 55 58 61 64 67 70 73 76 79 82 85 88 91 94 97 100 103 23
4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 2
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.12)

d) تعريف المسار من خلال مسار القائمةالتالي:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Define Path>By Nodes

e) بعد ظهور قائمة الإنتقاءنتيجة المسار أعلاه , ننقر على العقد التي تقع على الإحداثيات التالية:

Nodes 47 (X=0, Y=0.25)

Nodes 24 (X=2, Y=0.25)

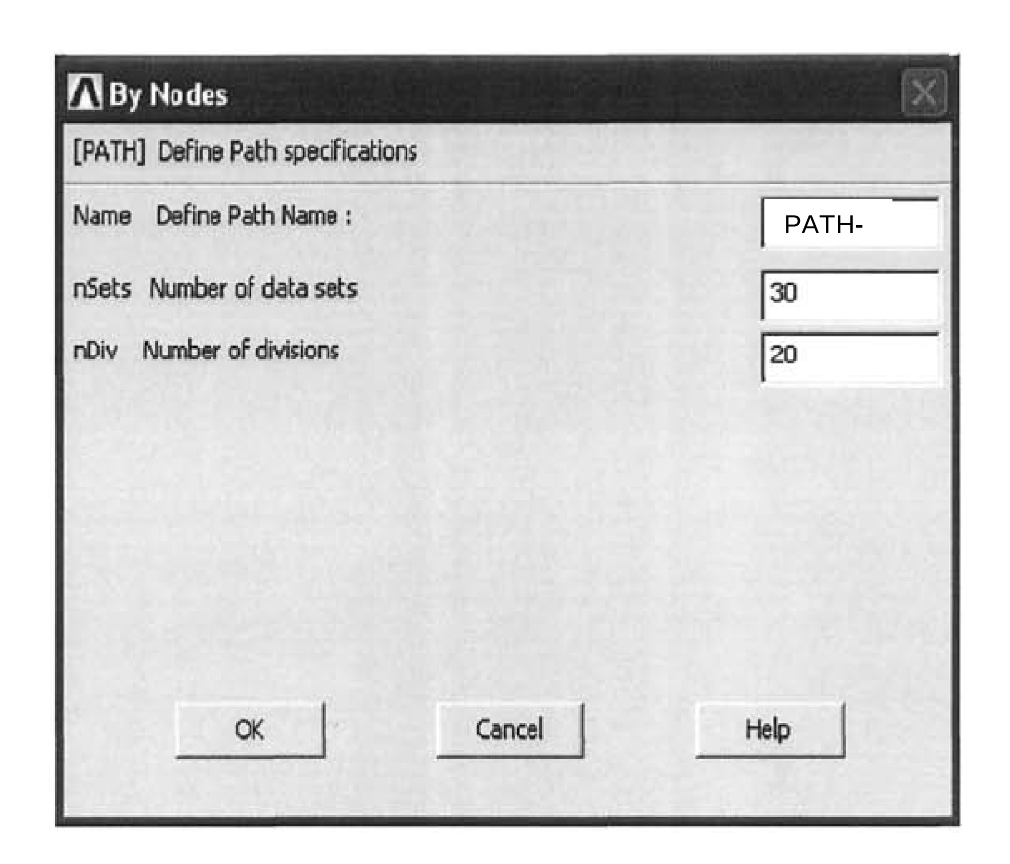
ومن ثم ننقر على الزر موافق OK.

f) نتيجة لذلك يظهر صندوق حوار تعريف المسار بواسطة العقد Define Path by Nodes Dialog Box كما مبين في الشكل (6.13). وفي هذا نقوم بإدخال إسم مميز Unique Name لتعريف المسار في المجال Name Define Path Name و ليكن (PATH-AA) و من ثم ننقر على الزر موافق OK .

g) إغلاق نافذة المعلومات لحالة المسار Path Status Information Window.

h) إلغاء تفعيل (تعطيل) Turn OFF ترقي العقد Node Numbering بإستخدام مسا القائمة التالي:

Utility Menu>PlotCtrls>Numbering



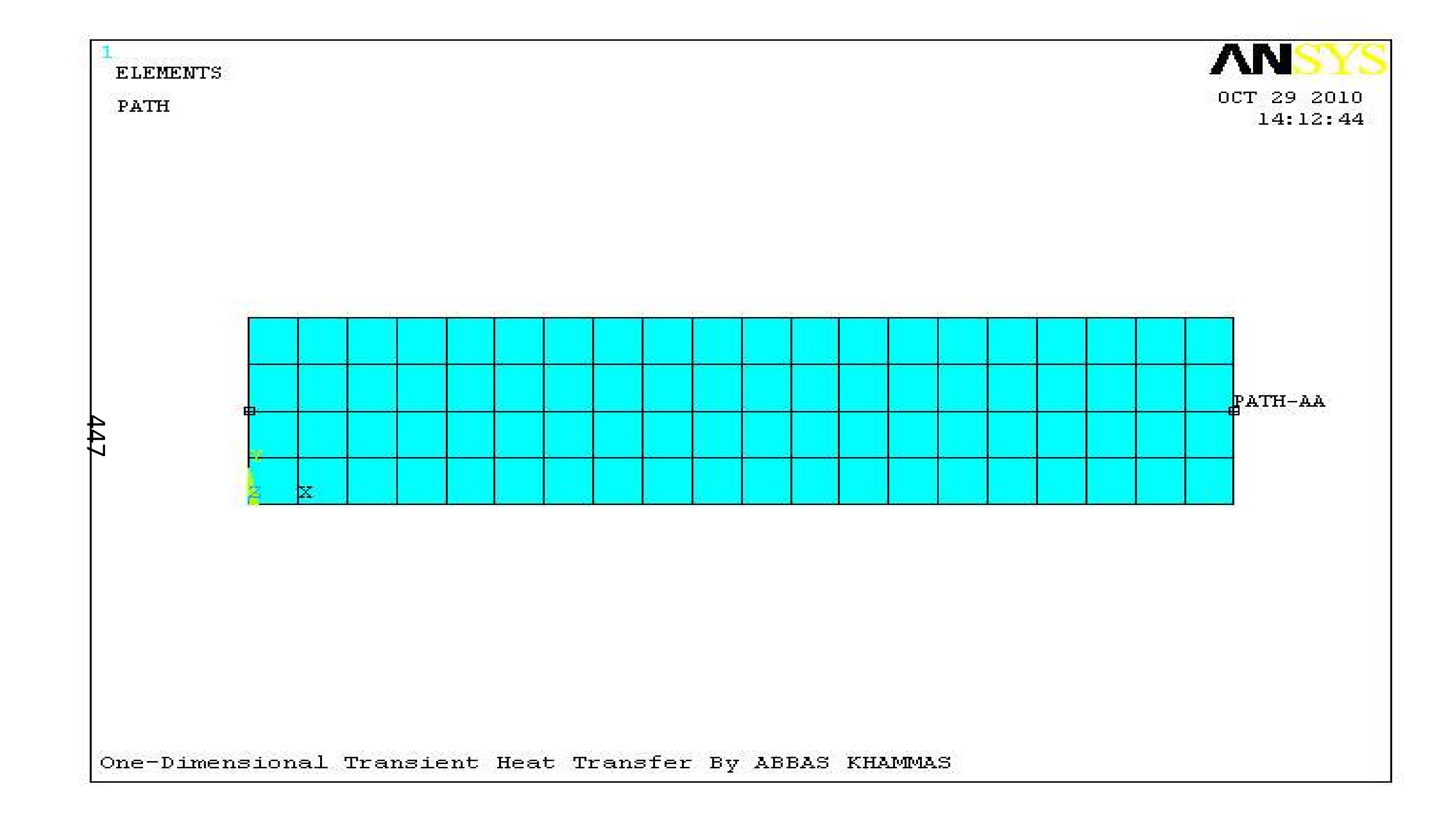
الشكل (6.13)

i) بعد ظهور صندوق التحكم بالترقيم , ننقر على صندوق الإختيار بالنسبة للإختيار NODE Node Numbers و ذلك لإلغاء الترقيم أي OFF ومن ثم ننقر على الزر موافق OK.

j) رسم المسار على الشكل الهندسي و هذا يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Plot Paths

ومنه نحصل على رسم المسار المبين في الشكل (6.14).


1
ELEMENTS
PATH
ANSYS
OCT 29 2010
14:12:44
PATH-AA
Y
Z X
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.14)

7. تمثيل نتائج درجات الحرارة Map The Temperatures Results في المسار المعرّف Defined Path و هذا يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Map onto Path

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

a) بعد أن يظهر صندوق حوار تمثيل عناصر النتيجة في المسار Map Results Items into Path Dialog Box كما مبين في الشكل (6.15) نقوم بمايلي:

Map Result Items onto Path

[PDEF] Map Result Items onto Path

Lab User label for Item — t025

Item,Comp Item to be mapped — DOF solution / Flux & gradient / Elem table item — Temperature TEMP

Temperature TEMP

Average results across element — Yes

[/PBC] Show boundary condition symbol

Show path on display — No

OK Apply Cancel Help

الشكل (6.15)

1) إدخال إسم مميز لعنصر النتيجة في مجال النص Lab User label for Item و ليكن (t025) (لاحظ أن هذا الإسم يختلف عن الإسم الذي تم تحديده للمسار).

2) نختار DOF Solution من القائمة اليسرى.

3) نختار Temperature TEMP من القائمة اليمنى للعنصر.

4) ننقر على الزر موافقOK.

b) رسم مسار نتائج درجة الحرارة (الرسم البياني) بإستخدام مسار القائمة التالي:

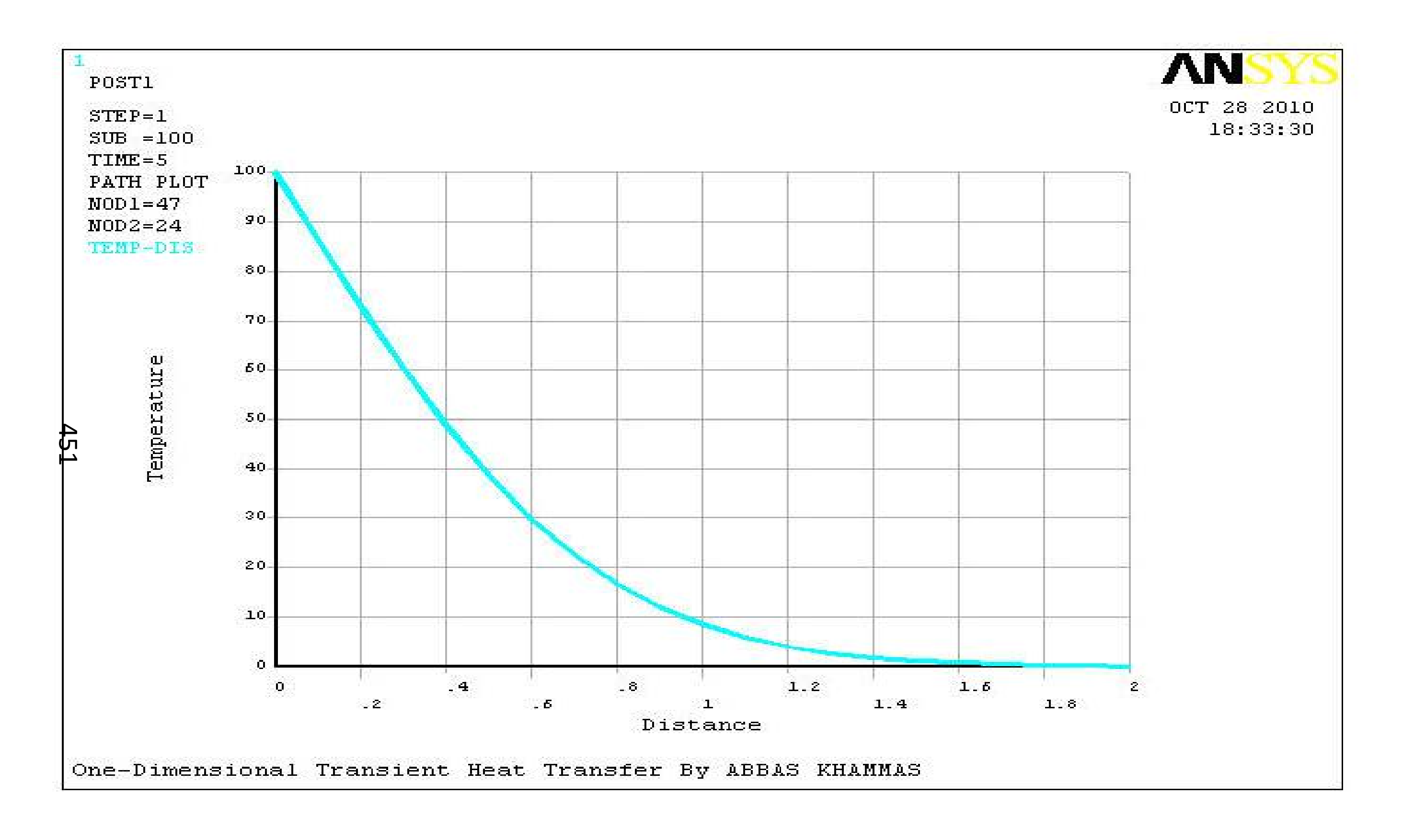
Main Menu>General Postproc>Path Operations>Plot Path Item>On Graph

c) بعد ظهور صندوق حوار رسم مسار العناصر على الرسم البياني Plot Path Items on Graph نختار (t025) من القائمة و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

d) نلاحظ ظهور الرسم البياني لتغير درجة الحرارة على طول المسار المحدد (PATH-AA) في نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (6.16).

e) تمثيل نتائج الدفق الحراري Map The Flux Results في لمسار المعرّف أي المسار (PATH-AA) بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Map onto Path


1
POST1
STEP=1
SUB =100
TIME=5
PATH PLOT
NOD1=47
NOD2=24
TEMP-DIS
ANSYS
OCT 28 2010
18:33:30
Temperature
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
.2
.4
.6
.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
Distance
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.16)

f) بعد أن يظهر صندوق حوار تمثيل عناصر النتيجة في المسار كما مبين في الشكل (6.17) نقوم بمايلي:

Map Result Items onto Path

[PDEF] Map Result Items onto Path

Lab User label for item — q025

Item,Comp Item to be mapped — DOF solution / Flux & gradient / Elem table item — Thermal flux TFX / TFY / TFZ / TFSUM / Thermal grad TGX / TGY — Thermal flux TFX

Average results across element — Yes

[/PBC] Show boundary condition symbol

Show path on display — No

OK Apply Cancel Help

الشكل (6.17)

1) إدخال إسم مميز لعنصر النتيجة في مجال النص Lab User Label for Item و ليكن على سبيل المثال (q025).

2) نختار Flux & Gradient من القائمة اليسرى.

3) نختار Thermal Flux TFX من القائمة اليمنى.

4) ننقر على الزر موافق.

g) رسم نتائج الدفق بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Plot Path Item>On Graph

h) بعد أن يظهر صندوق حوار رسم مسار العنصر على الرسم البياني Plot Path Item on Graph Dialog Box لانختار (t025) و إنما نختار (q025) من القائمة و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

i) و نتيجة لذلك, نلاحظ ظهور الرسم البياني لتغير الدفق الحراري Heat Flux على طول المسار المعرّف (PATH-AA) في نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (6.18).

j) آلان, نرسم تغير درجة الحرارة على الشكل الهندسي للنموذج و هذا يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Plot Path Item>On Geometry

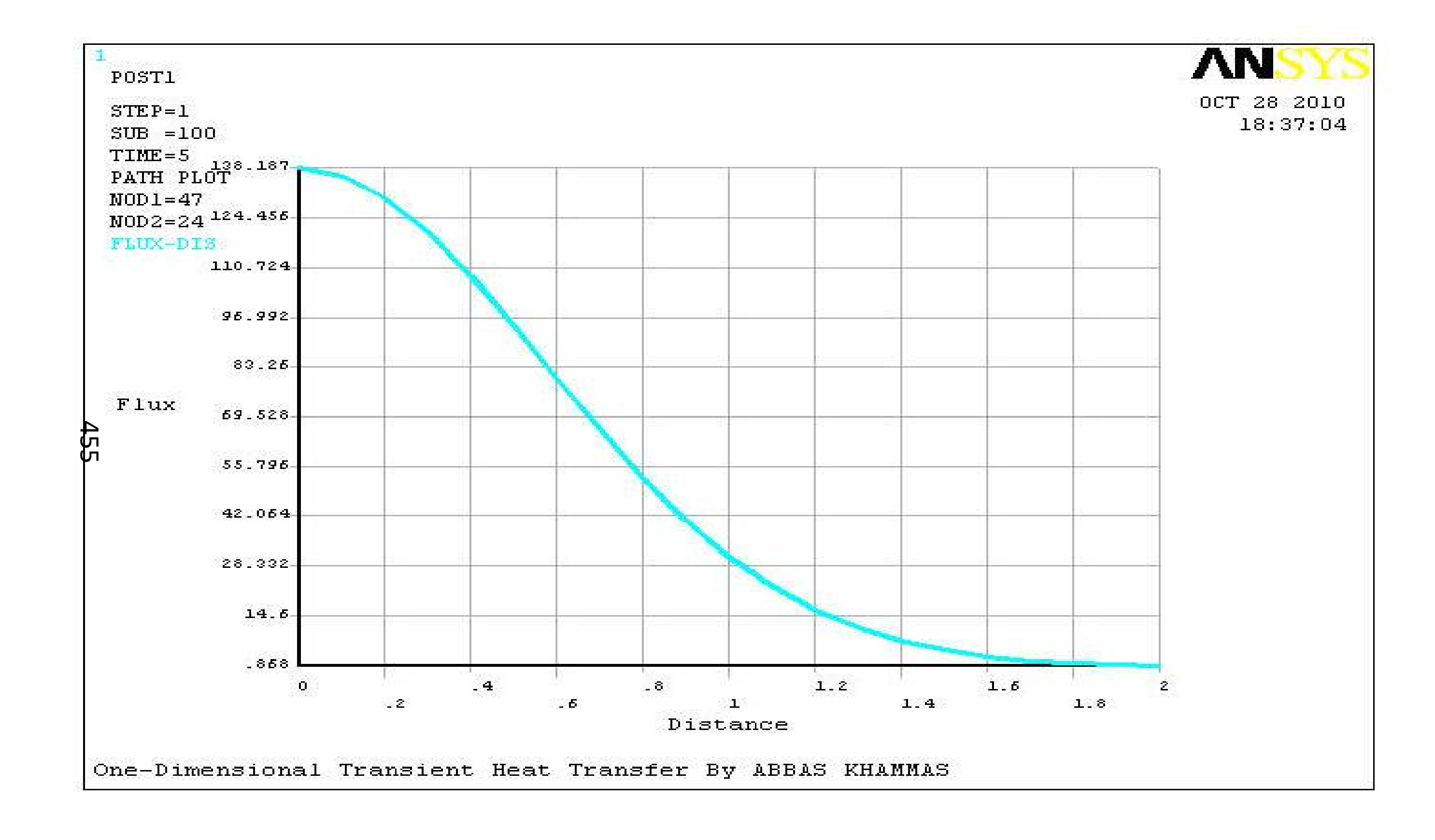
بعد أن يظهر صندوق حوار رسم مسار العنصر على الشكل الهندسي للنموذج Plot Path Items on Geometry Dialog Box نختار

(t025) من القائمة و من ثم ننقر على الزر موافق OK للحصول على رسم مسار العنصر على الشكل الهندسي للنموذج كما مبين في الشكل (6.19).

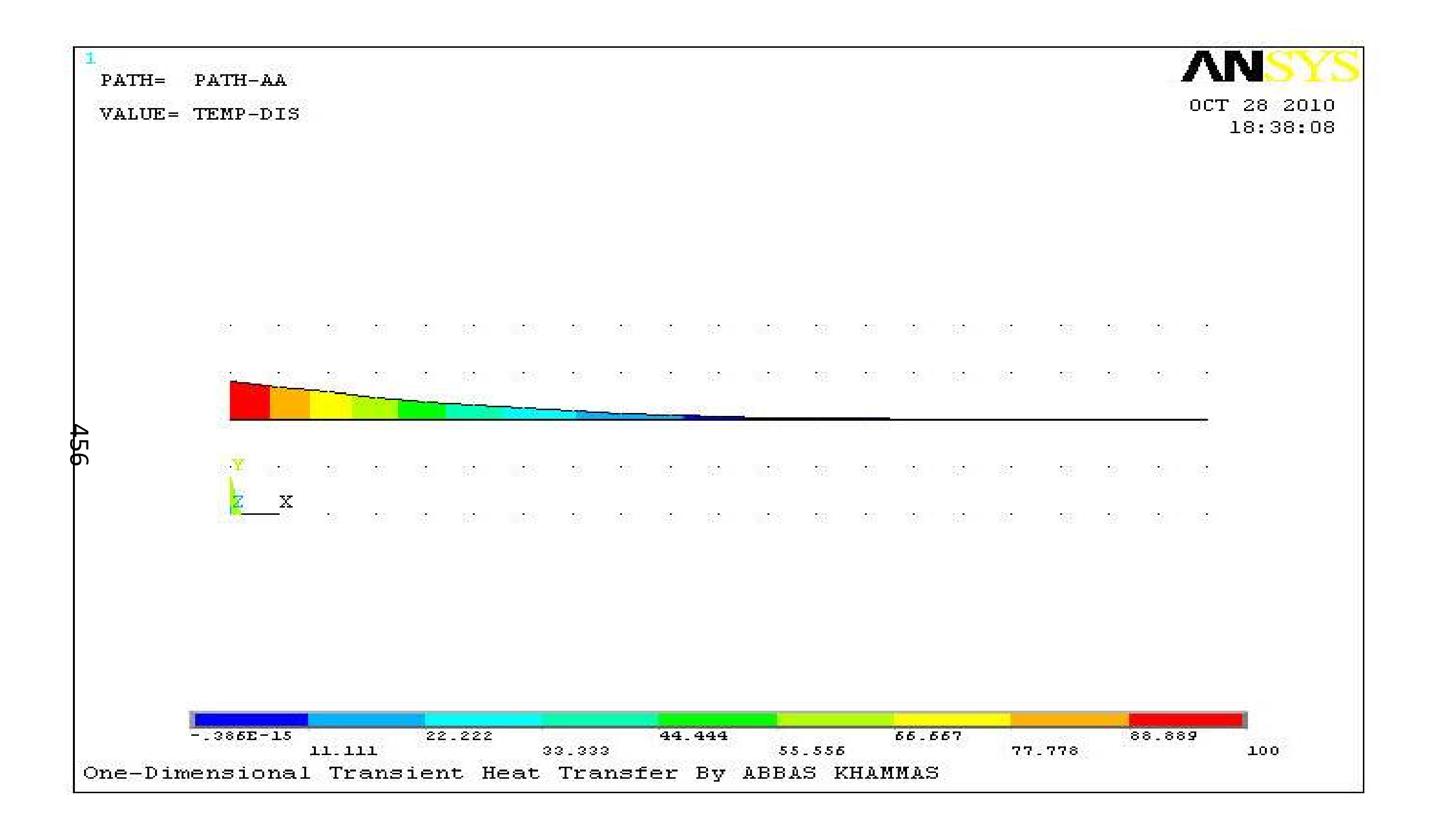
k) أخيراً, نرسم تغير الدفق الحراري على الشكل الهندسي للنموذج و هذا يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Path Operations>Plot Path Item>On Geometry

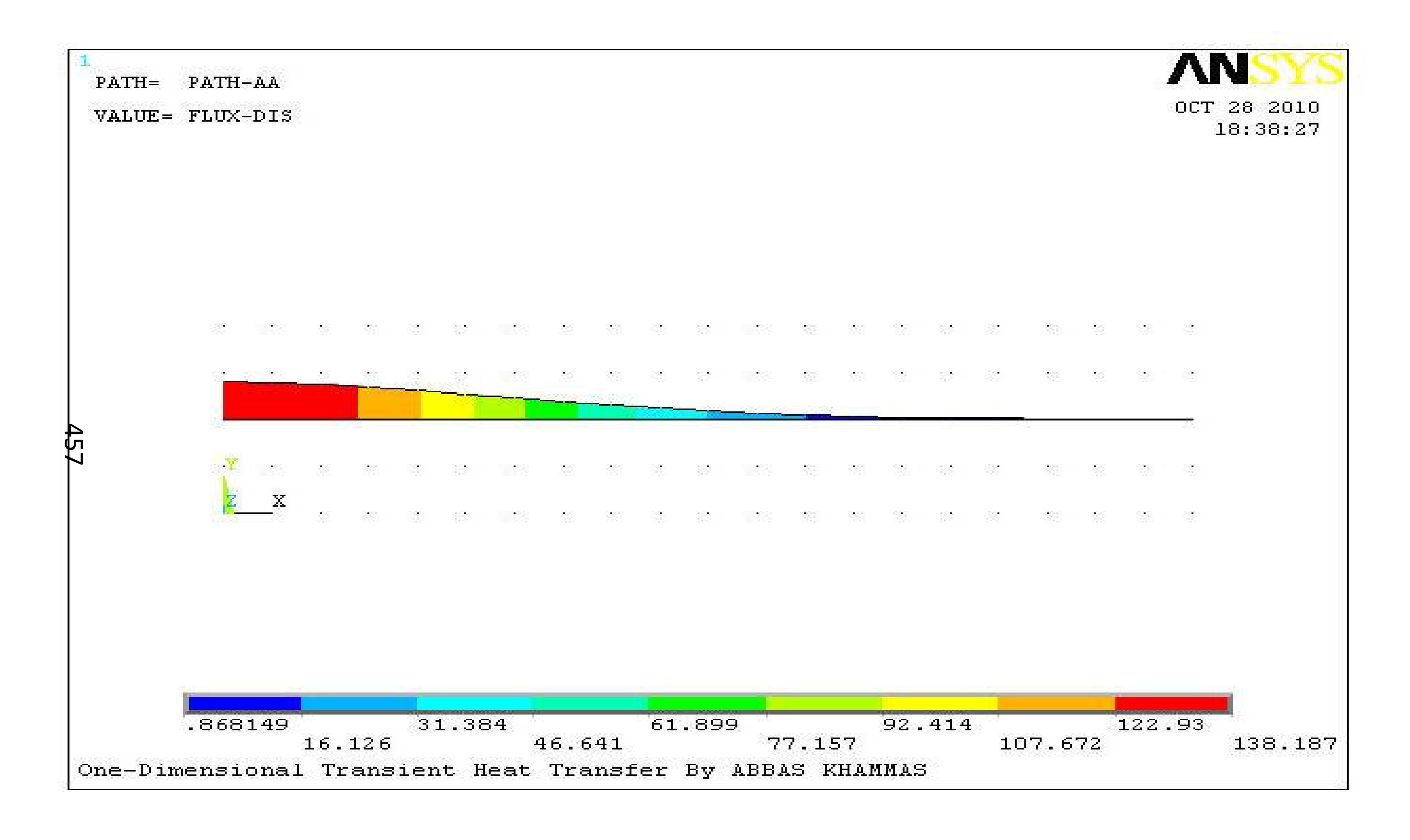
بعد أن يظهر صندوق حوار رسم مسار العنصر على الشكل الهندسي للنموذج Plot Path Items on Geometry Dialog Box نختار (q025) من القائمة و من ثم ننقر على الزر موافق OK للحصول على رسم مسار العنصر على الشكل الهندسي للنموذج كما مبين في الشكل (6.20).


1
POST1
STEP=1
SUB =100
TIME=5
PATH PLOT
NOD1=47
NOD2=24
FLUX-DIS
ANSYS
OCT 28 2010
18:37:04
Flux
138.187
124.456
110.724
96.992
83.26
69.528
55.796
42.064
28.332
14.6
.868
0
.2
.4
.6
.8
1
1.2
1.4
1.6
1.8
2
Distance
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.18)


1
PATH= PATH-AA
VALUE= TEMP-DIS
ANSYS
OCT 28 2010
18:38:08
Y
Z X
-.386E-15
11.111
22.222
33.333
44.444
55.556
66.667
77.778
88.889
100
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.19)


1
PATH= PATH-AA
VALUE= FLUX-DIS
ANSYS
OCT 28 2010
18:38:27
Y
Z X
.868149
16.126
31.384
46.641
61.899
77.157
92.414
107.672
122.93
138.187
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.20)

5.2.4 المعالجة اللاحقة بإستخدام تاريخ الزمن

Time History Postprocessing

1. إستعراض نتائج سلوك درجة الحرارة المعتمدعلى الزمن Time-Dependent Behavior of Temperature عند العقد التي تقع في الإحداثيات (0.1,0.25) و (1.0,0.25).

و هذا يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>TimeHis Pospro

ومن ثم نتبع الخطوات التالية:

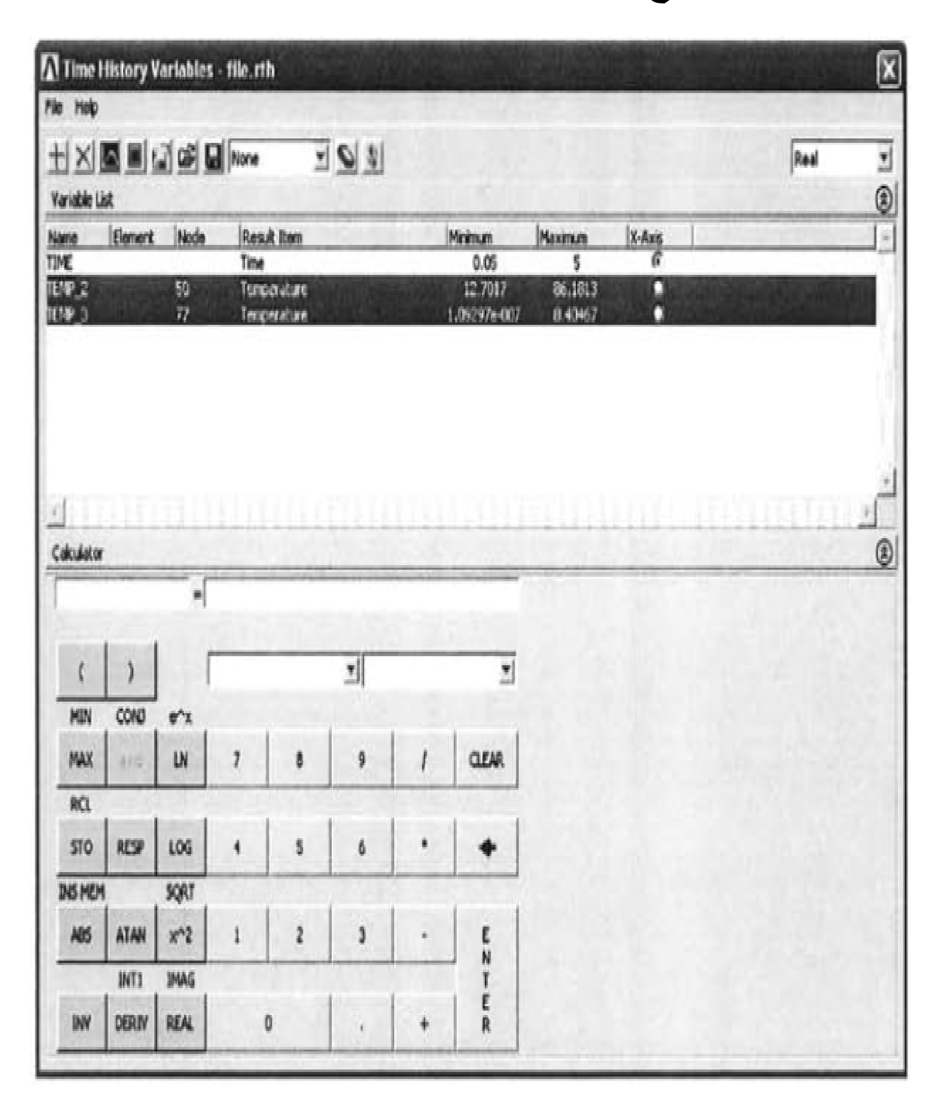
a) بعد ظهور صندوق حوار متغيرات تاريخ الزمن Time History Variables Dialog Box كما مبين في الشكل (6.21) , ننقر على زر إشارة الموجب الخضراء Green Plus Sign Button الذي يقع في الجانب الأيسر العلوي و ذلك لتعريف المتغيّر.

b) و نتيجة لذلك يظهر صندوق حوار إضافة متغيّر تاريخ الزمن Add Time History Variable Dialog Box.

c) ننقر نقراً مزدوجاً على العناصر التالية: Nodal Solution , DOF Solution, Temperature. و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

d) بعد ظهور قائمة الإنتقاء , ننتقي العقدة التي تقع في الإحداثيات (X=0.1, Y=0.25) كما مبين في الشكل (6.22). و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

e) نلاحظ ظهور متغير جديد (TEMP_2) في صندوق حوار متغيرات تاريخ الزمن.



الشكل (6.21)

1
ELEMENTS

ANSYS
OCT 28 2010
17:57:37

(0.1,0.25)

(1.0,0.25)

Y
Z X

One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.22)

f) نضيف متغيرجديد لدرجة الحرارة في العقدة المركزية (الموجودة في مركز النموذج) بواسطة النقر على زر إشارة الموجب الخضراء و من ثم ننقر نقراً مزدوجاً على Nodal Solution, DOF Solution, Temperature. و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

g) ننتقي العقدة التي تقع لها الإحداثيات (X=1, 0.25) كما مبين في الشكل (6.22) و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

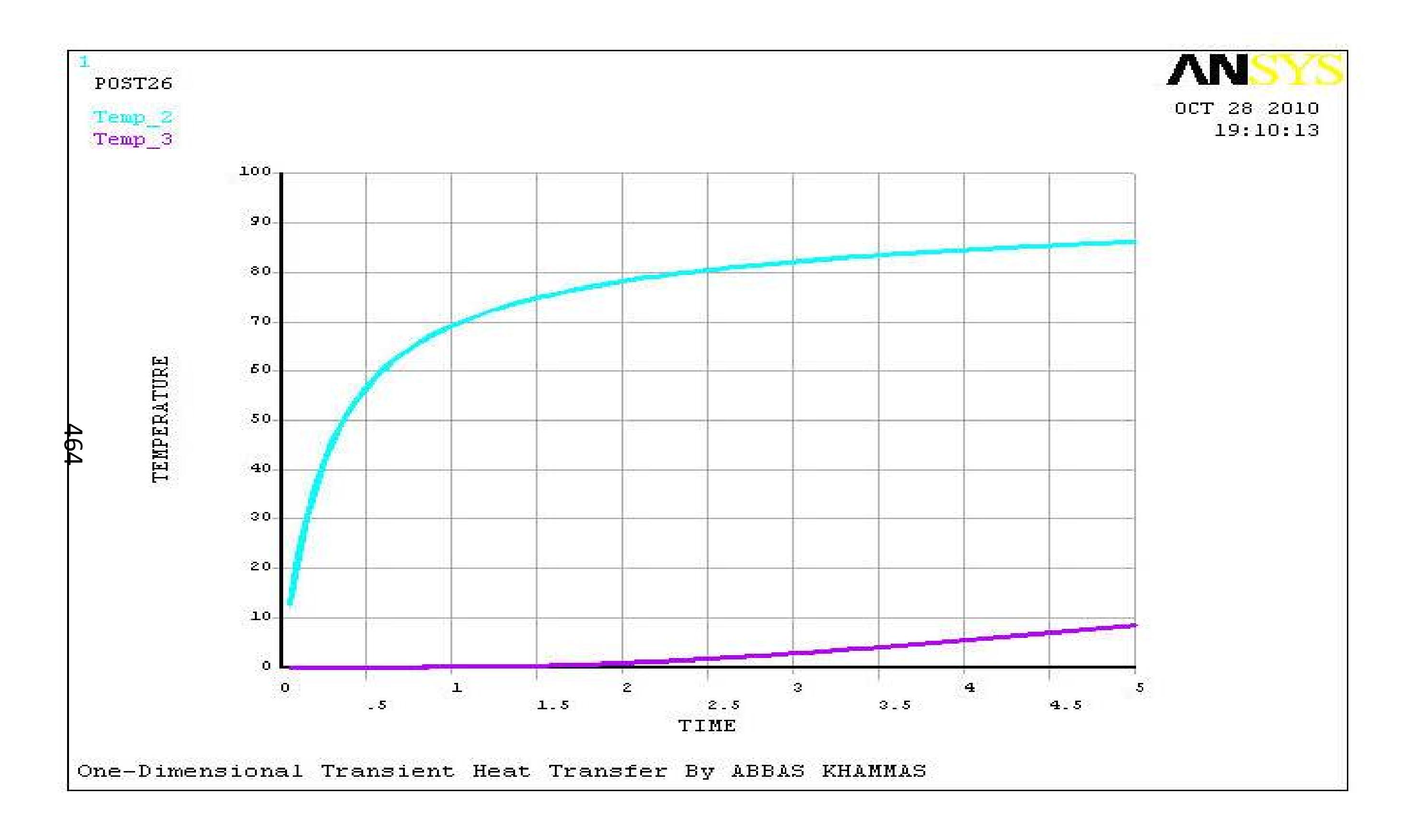
h) نلاحظ ظهور متغير جديد (TEMP_3) في صندوق حوار تاريخ الزمن.

i) نقوم بتظليل (تحديد) Highlight الصفوف TEMP_2 و TEMP_3 من القائمة (بواسطة الضغط على المفتاح Ctrl في لوحة المفاتيح و من ثم ننقر على الصفوف المطلوبة بواسطة زر الفأرة الأيسر) ثم ننقر على الزر الثالث الموجود في شريط أدوات صندوق التحكم بتاريخ الزمن (الزر الخاص بالرسم البياني) و ذلك لرسم تغير الزمن مع درجات الحرارة TEMP_2 و TEMP_3.

j) إن الرسم البياني المطلوب يظهر في نافذ الرسومات كما مبين في الشكل (6.23).

2. إستعراض نتائج سلوك الدفق الحراري المعتمد على الزمن Time-Dependent Behavior of Thermal Flux عند العقد التي تقع في الإحداثيات (0.1,0.25) و (1.0,0.25).

و من ثم نتبع الخطوات التالية:


1
POST26
Temp_2
Temp_3
ANSYS
OCT 28 2010
19:10:13
TEMPERATURE
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
TIME
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.23)

a) في صندوق حوار متغيرات تاريخ الزمن نقوم بتظليل صفوف درجات الحرارة TEMP_2 و TEMP_3 من القائمة و من ثم ننقر على زر علامة التقاطع الحمراء Red Cross Button و ذلك لحذف متغيرات درجات الحرارة.

b) نقوم بإضافة متغيرات الدفق الحراري , بواسطة النقر على علامة الموجب الخضراء و ذلك لتعريف المتغير.

c) ننقر نقراً مزدوجاً على العناصر Nodal Solution , Thermal Flux , و X-Component of Thermal Flux. و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

d) بعد ظهور قائمة الإنتقاء , ننتقي العقدة التي تقع في الموقع (X=0.1, Y=0.25) كما مبين في الشكل (6.22) ثم ننقر على الزر موافق OK.

e) بعد ذلك نلاحظ ظهور تغير جديد (TFX_2) في صندوق حوار متغيرات تاريخ الزمن.

f) نقوم بإضافة متغير جديد للدفق الحراري عند العقدة المركزية (العقدة التي تقع في المركز) بواسطة النقر على إشارة الموجب الخضراء و من ثم ننقر نقراً مزوجاً على العناصر Nodal Solution , Thermal Flux , و X-Component of Thermal Flux ثم ننقر على الزر موافق OK.

g) ننتقي العقد المركزية التي تقع في المركز (X=1, Y=0.25) كما مبين في الشكل (6.22) و من ثم ننقر على الزر موافق OK.

h) نلاحظ ظهور متغير جديد (TFX_3) في صندوق حوار المتغيرات.

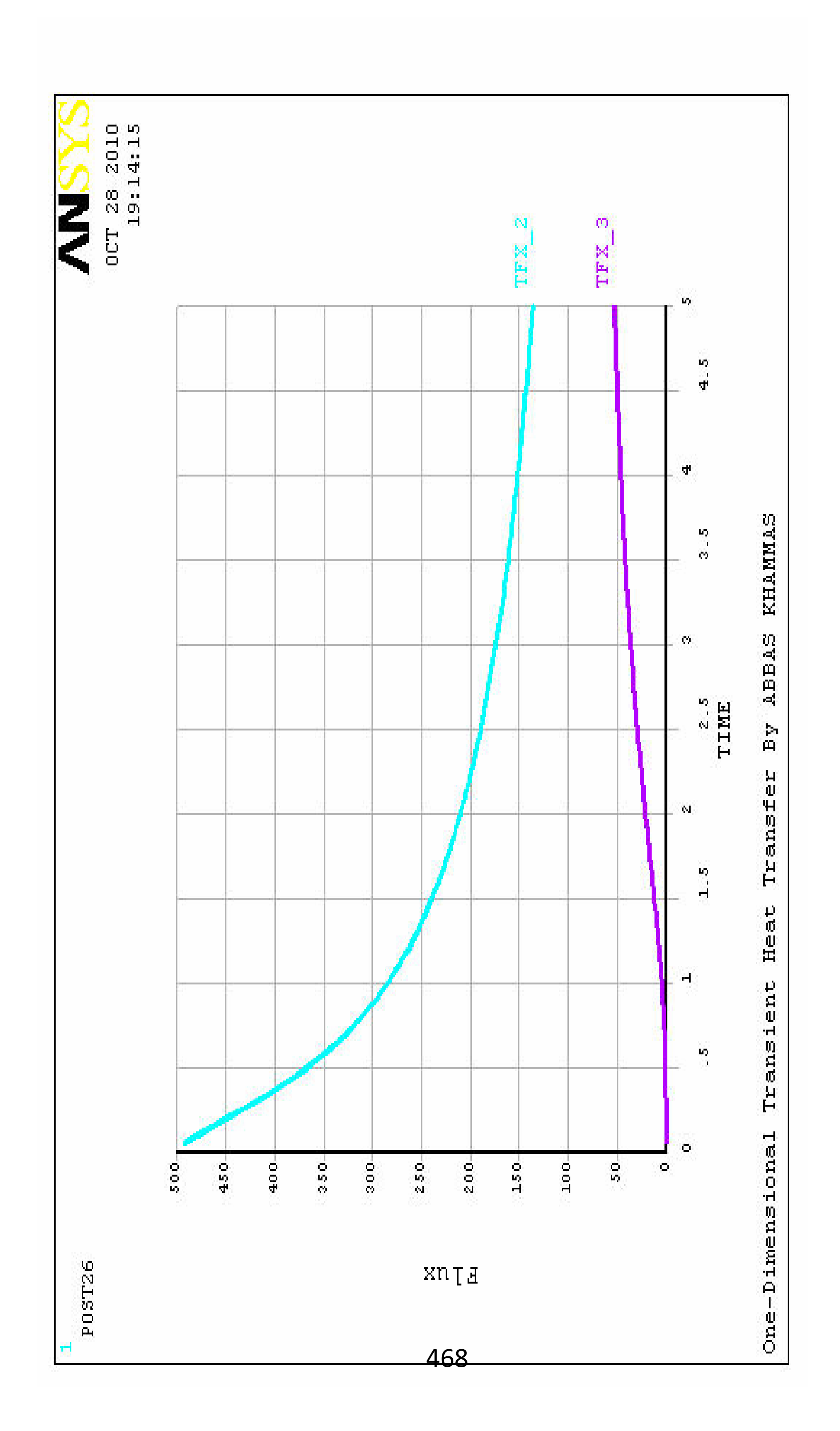
i) نقوم بتظليل الصفوف (TFX_2) و (TFX_3) من القائمة (بواسطة الضغط على المفتاح Ctrl في لوحة المفاتيح و من ثم ننقر على الصفوف المطلوبة بواسطة زر الفأرة الأيسر) ثم ننقر على الزر الثالث الموجود في شريط أدوات صندوق التحكم بتاريخ الزمن (الزر الخاص بالرسم البياني) و ذلك لرسم تغير الزمن مع (TFX_2) و (TFX_3).

j) نلاحظ ظهور الرسم البياني المطلوب في نافذة الرسومات كما مبين في الشكل (6.24).

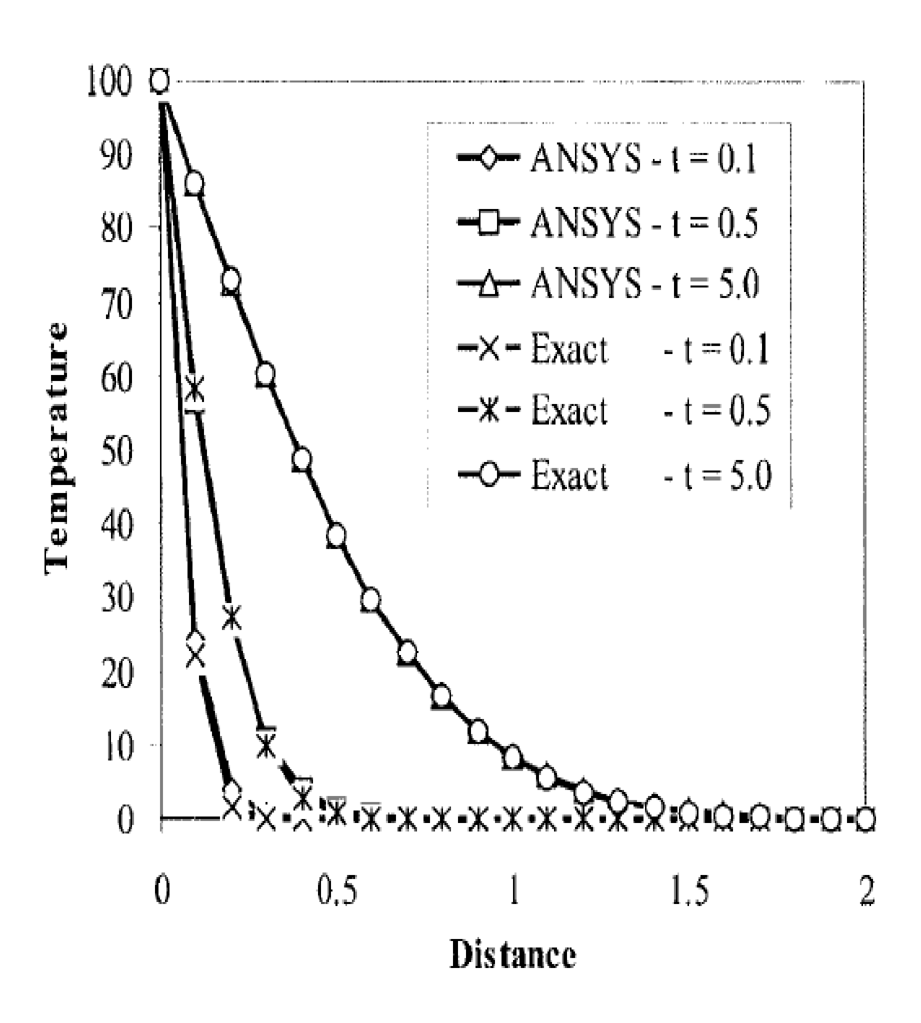
k) نقوم بإغلاق صندوق حوار متغيرات تاريخ الزمن.

الجدول (6.1) يدرج قيم درجات الحرارة على طول الخط الوسطي Midline أي (Y=0.25) التي تم الحصول عليها بواسطة برنامج Ansys (الأعمدة 4-2) و قيم درجات الحرارة التي تم الحصول عليها بواسطة الحل التحليلي Analytical Solution بإستخدام المعادلة (6.4) (الأعمدة 7-5) عند الفترات الزمنية (t=0.1, 0.5, 5). إن الحل التحليلي تم الحصول عليه بإستخدام (n=40) و ثلاثة حلول منفصلة بإستخدام برنامج Ansys عند الفترات الزمنية (t=0.1, 0.5, & 5) و هنا تم إستخدام

(100) خطوة زمنية متساوية 100 Equal Time Steps. الشكل (6.25) يبين مقارنة مابين الحل التحليلي و الحل العددي بإستخدام برنامج Ansys.


1
POST26
ANSYS
OCT 28 2010
19:14:15
TFX_2
TFX_3
Flux
500
450
400
350
300
250
200
150
100
50
0
0
.5
1
1.5
2
2.5
3
3.5
4
4.5
5
TIME
One-Dimensional Transient Heat Transfer By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.24)



Temperature
Distance
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
0,5
1
1,5
2
ANSYS - t = 0.1
ANSYS - t = 0.5
ANSYS - t = 5.0
Exact - t = 0.1
Exact - t = 0.5
Exact - t = 5.0

الشكل (6.25)

الجدول 6.1

قيم درجات الحرارة على طول الخط الوسطي (Y=0.25) التي تم الحصول عليها بإستخدام برنامج Ansys و المعادلة (6.4) عند (t=0.1,0.5& 5)

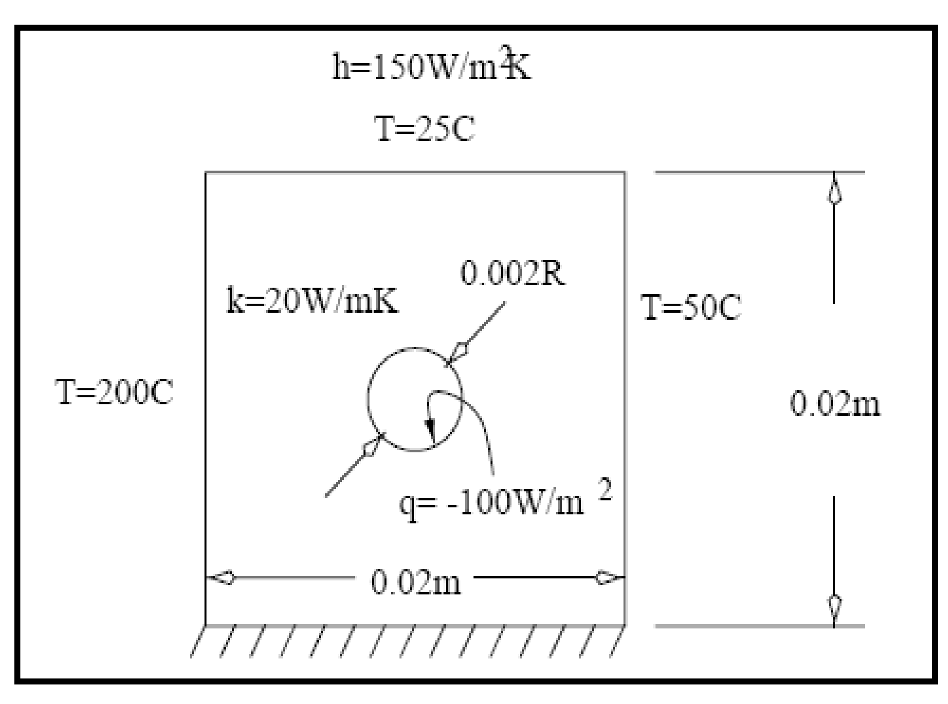
X	الحل العددي بإيستخدام برنامج Ansys			EXACT (n=40) الحل التحليلي		
	t=0.1	t=0.5	t=5.0	t=0.1	t=0.5	t=5.0
0.00	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000	100.000
0.10	24.2230	56.7890	88.1810	22.0671	58.3882	86.2490
0.20	3.7816	26.6910	72.7800	1.4306	27.3322	72.9034
0.30	0.4497	10.7250	60.1760	0.0239	10.0348	60.3332
0.40	0.0443	3.7954	48.6770	9.84E-05	2.8460	48.8422
0.50	0.0038	1.2112	38.5010	2.09E-06	0.6170	38.6475
0.60	0.0003	0.3550	29.7610	1.88E-06	0.1015	29.8698
0.70	2.07E-05	0.0969	22.4760	1.73E-06	0.0126	22.5346

EXACT (n=40) الحل التحليلي			الحل العددي بإيستخدام برنامج Ansys			X
t=5.0	t=0.5	t=0.1	t=5.0	t=0.5	t=0.1	
16.5857	0.0012	1.56E-06	16.5800	0.0249	1.36E-06	0.80
11.9033	8.24E-05	1.40E-05	11.9450	0.0061	8.47E-08	0.90
8.3264	4.32E-06	1.24E-06	8.4047	0.0014	5.00E-09	1.00
3.7666	4.94E-09	9.43E-07	3.8761	6.94E-05	1.54E-11	1.20
2.4340	1.08E-10	8.08E-07	2.5411	1.46E-05	8.14E-13	1.30
1.5307	1.74E-12	6.80E-07	1.6271	3.00E-06	4.17E-14	1.40
0.9360	0.00E+00	5.58E-07	1.0169	6.00E-07	2.08E-15	1.50
0.5551	0.00E+00	4.41E-07	0.6187	1.17E-07	1.03E-16	1.60
0.3167	0.00E+00	3.27E-07	0.3628	2.25E-08	4.85E-18	1.70
0.1684	0.00E+00	2.17E-07	0.1981	4.24E-09	2.27E-19	1.80
0.0723	-1.69E-14	1.08E-07	0.0868	7.61E-10	1.04E-20	1.90
-3.85E-15	-4.03E-15	-8.39E-15	0	0	0	2.00

6.3 إنتقال الحرارة الثنائي الأبعاد في الصفيحة الحاوية على ثقب دائري

Two-Dimensional Heat Transfer in a Plate with a Circular Hole

لو فرضنا أن لدينا صفيحة مربعة الشكل Square Plate أبعادها ($0.02x0.02\ m^2$) حاوية على ثقب دائري Circular Hole نصف قطره (Radius R=0.002 m) تخضع الى الظروف الحرارية المبينة في الشكل (6.26). إن الهدف هو تحديد توزيع درجات الحرارة في هذه الصفيحة نتيجة الظروف الحرارية التي تخضع لها.



الشكل (6.26)

يمكننا حل هذه المسألة من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. توليد النموذج Model Generation.
2. الحل Solution.
3. المعالجة اللاحقة Postporocessing.

6.3.1 توليد النموذج Model Generation

حيث يتم من خلال إتباع الخطوات التالية:

1. تعريف نوع العنصر Element Type من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Element Type> dd/dit/Delete

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

a) ننقر على الزر إضافة Add.

b) نختار Thermal Solid من القائمة اليسرى و Quad 8node 77 من القائمة اليمنى.

c) ننقر على الزر موافق OK.

3. تحديد خواص المادة الذي يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models

و من ثم نتبع الخطوات التالية:

a) بعد ظهور صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة Define Material Model Behavior Dialog Box ننقر نقراً مزدوجاً على: Thermal, Conductivity, Isotropic , حيث يؤدي ذلك بدوره الى فتح صندوق حوار آخر, يتم فيه إدخال قيمة الموصلية الحرارية (KXX) Thermal Conductivity أي (KXX=20 W/mK).

b) ننقر على الزر موافق OK.

c) نقوم بإغلاق صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة من خلال المسار التالي:

Material>Exit

5. إنشاء المساحة المربعة للصفيحة من خلال إتباع الخطوات التالية:

a) نتبع مسار القائمة التالي:

Utility Menu>WorkPlane>WS Settings

و هذا يؤدي بدوره الى فتح نافذة إعدادات مستوى العمل WS Settings Window كما مبين في الشكل (6.27) .

حيث نقوم بتعديل الإعدادات كما مبين في أدناه:

Grid and Triad

Snap Incr 0.002

Spacing 0.01

Minimum - 0.015

Maximum 0.015

Tolerance 0.00003

WP Settings

Cartesian
Polar

Grid and Triad
Grid Only
Triad Only

Enable Snap

Snap Incr 0.002
Snap Ang 5

Spacing 0.01
Minimum -0.015
Maximum 0.015
Tolerance 3e-005

OK Apply
Reset Cancel
Help

الشكل (6.27)

a) نقوم بإظهار مستوى العمل من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Utility Menu>WorkPlane>Display WorkPlane

و عندما يكون مستوي العمل صغير جداً , ففي هذه الحالة نحتاج الى تكبيره و يتم ذلك من خلال مسار القائمة التالي:

Utility Menu>PlotCtrls>Pan, Zoom, Rotate>Box-Zoom

الآن, ننقر زر الفأرة على زاويتين بحيث تحيط بشبكة مستوى العمل Workplane Grid من خلال صندوق التكبير Box-Zoom. هذا و يمكننا تحريك مستوى العمل بواسطة الأسهم المتجه نحو الأعلى و الأسفل و نحو اليمين و اليسار في نافذة التحريك-التحجيم-التدوير Pan-Zoom-Rotate Window التي تظهر نتيجة المسار أعلاه. ثم نقوم بإنشاء المساحة المربعة المتمركزة حول نقطة الشبكة (0,0) من خلال المسار التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Areas>Rectangle>By 2 Corners

الآن, نقوم بنقر و تثبيت زر الفأرة الأيسر حيث يؤدي ذلك الى ظهور إحداثيات مستوى العمل في النافذة المنبثقة Popup Window من المسار أعلاه, و من ثم ننقر على زر الفأرة عندما تكون الإحداثيات:

X= -0.01

Y= 0.01

الآن, نقوم بتحديد موقع آخر من خلال النقر على زر الفأرة الأيسر مرة أخرى عندما تكون الإحداثيات:

X= 0.01

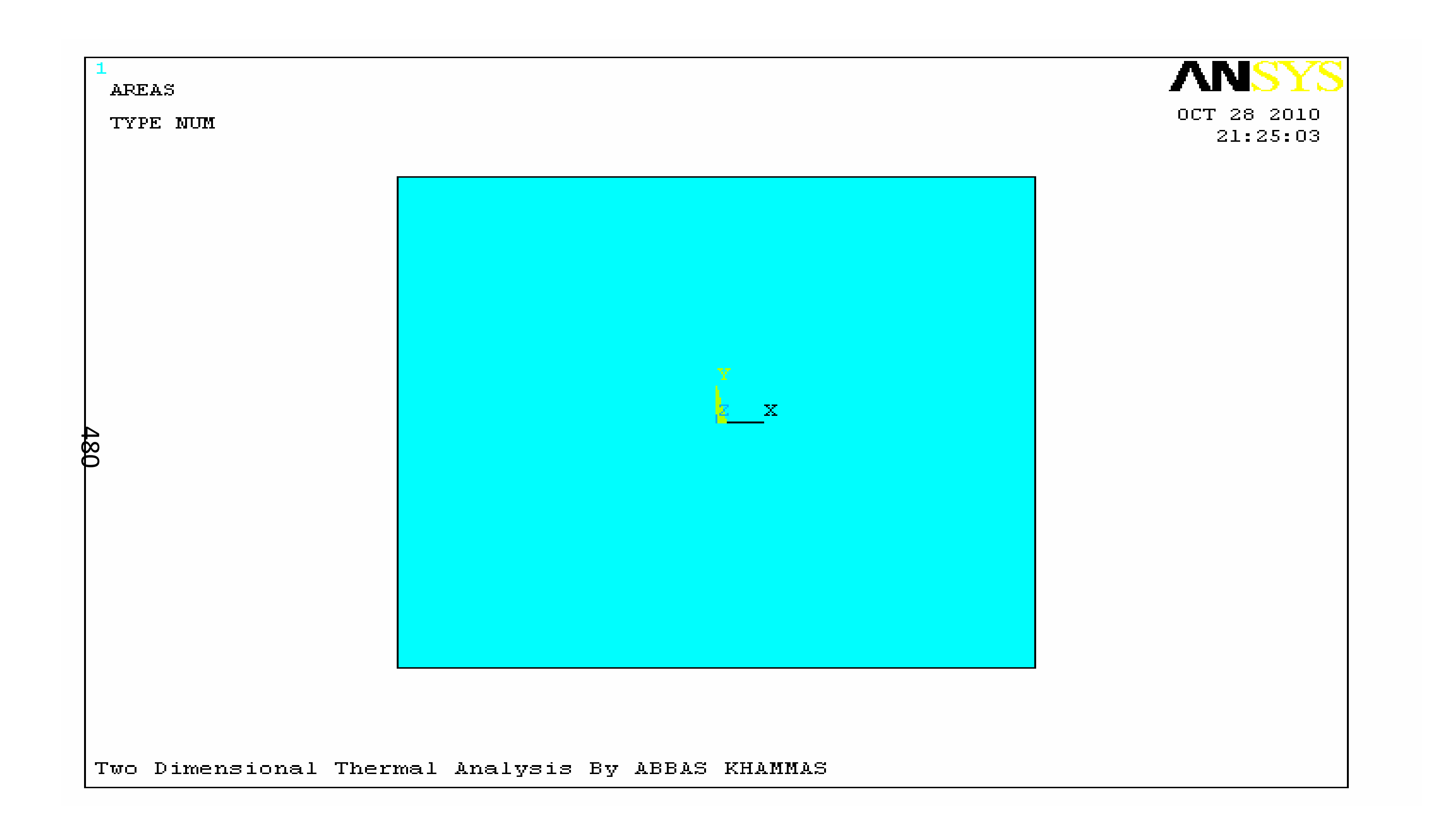
Y= -0.01

و نتيجة لذلك نحصل على المساحة المربعة كما مبين في الشكل (6.28). أخيراً, ننقر على الزر موافق OK في النافذة المنبثقة.

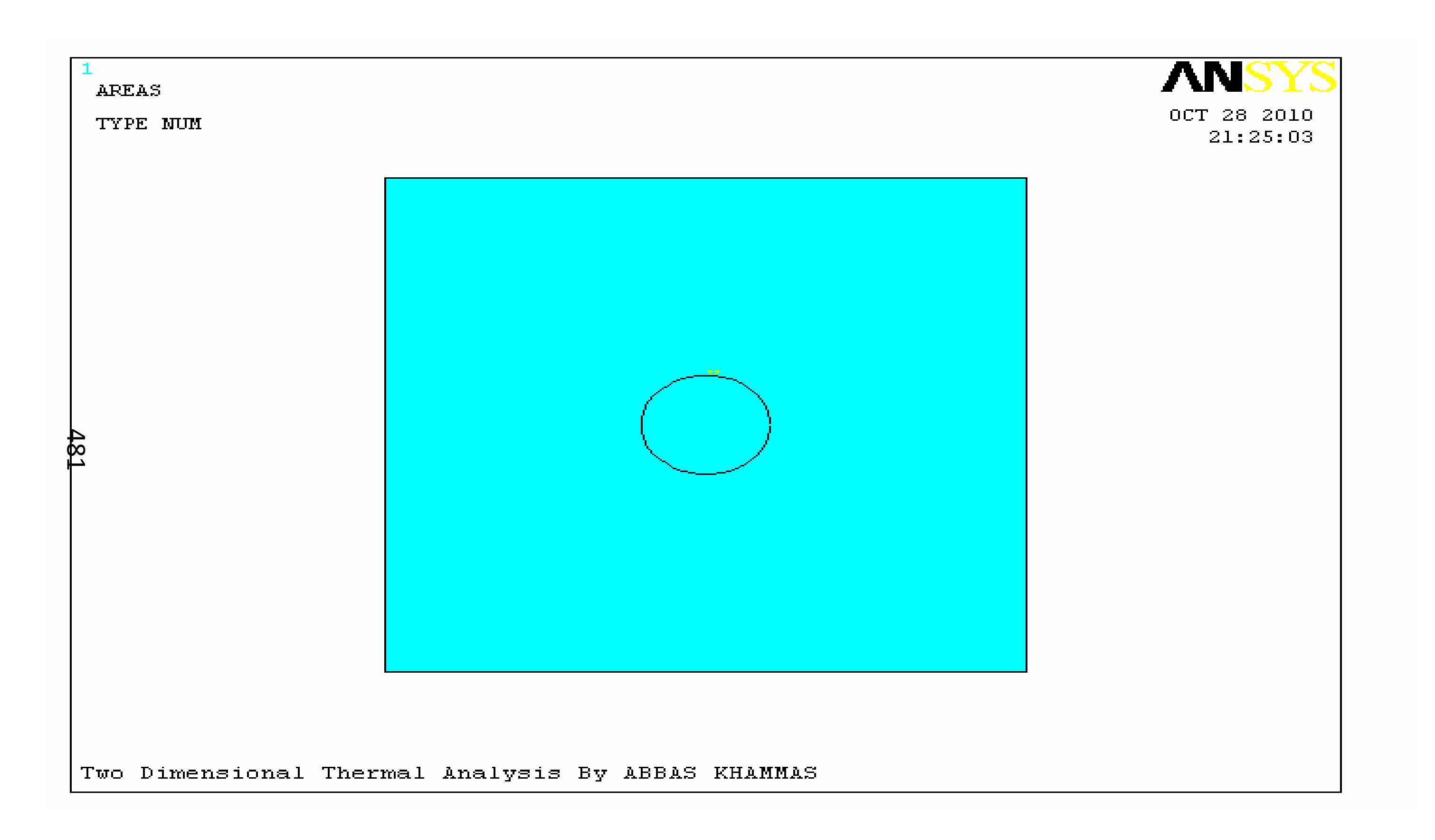
6. إنشاء المساحة الدائرية للثقب Circular Area of Hole , حيث يتم من خلال المسار التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Areas>Circle>Solid Circle

و نتيجة لذلك تنبثق نافذة تحث المستخدم على إدخال نصف قطر دائرة الثقب , حيث يتم ذلك من خلال النقر على الإحداثيات (0,0) و من ثم على الإحداثيات (0.002,0). أخيراً, ننقر على الزر موافق OK لإتمام المهمة حيث نحصل على الشكل الدائري للثقب كما مبين في الشكل (6.29).


1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
21:25:03
Y
Z
X
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.28)


1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
21:25:03
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.29)

7. طرح المساحة الدائرية من المساحة المربعة , و هذا يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Operate>Booleans>Subtract>Areas

و هذا يؤدي بدوره الى فتح نافذة الإنتقاء Pick Menu , الآن ننقرعلى المساحة المربعة و من ثم ننقر على الزر موافق OK بعد ذلك ننقر على المساحة الدائرية و من ثم ننقر على الزر موافق OK , و نتيجة لذلك نحصل على مساجة مربعة حاوية على ثقب دائري كما مبين في الشكل (6.30).

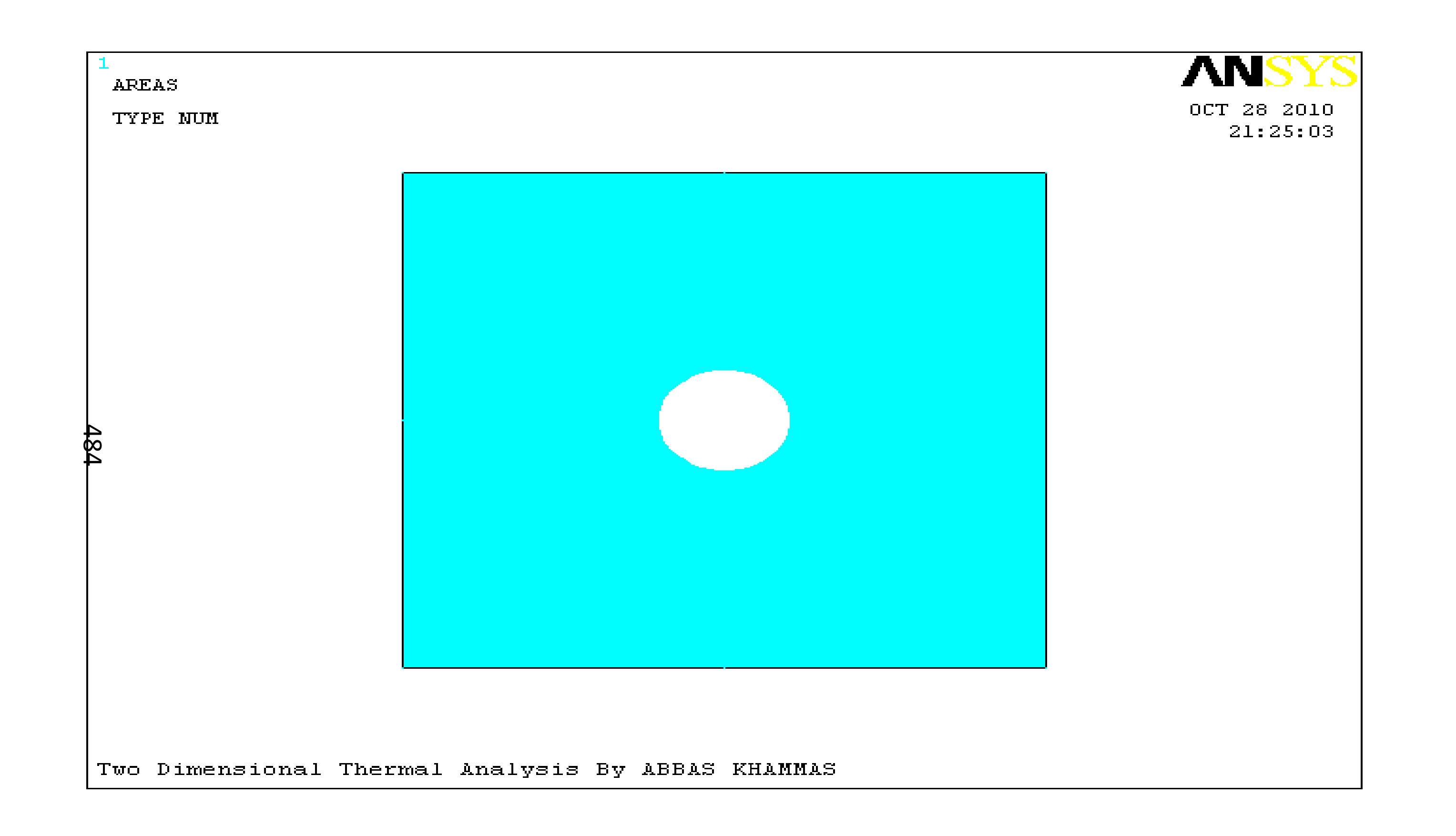
8. تشبيك النموذج Model Meshing , حيث يتم من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Size Cntrls>Smart Size>Basic>LVL Size Level 3>OK

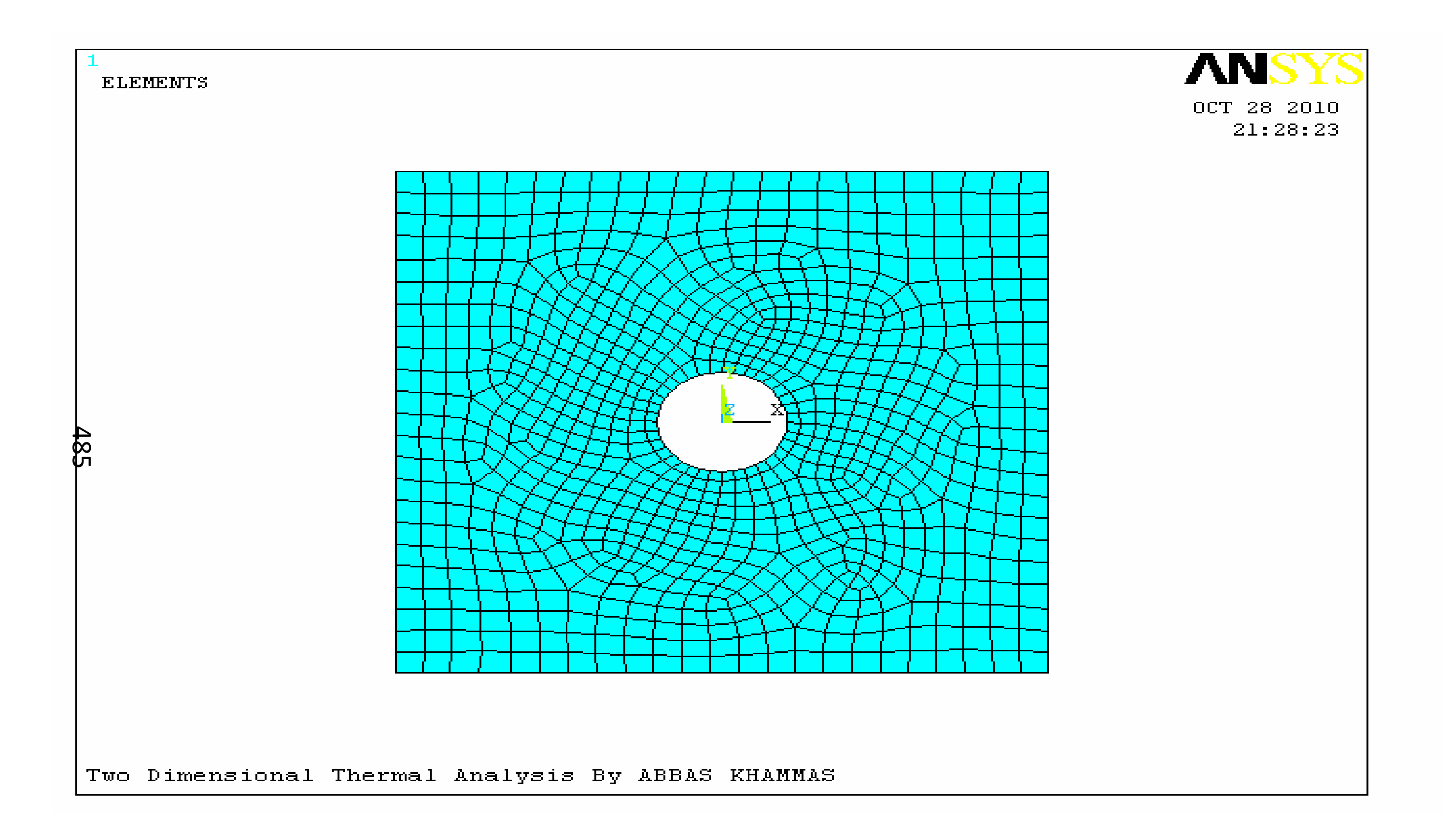
أخيراً, نقوم بتشبيك النموذج من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Area>Free

حيث يؤدي ذلك الى فتح نافذة الإنتقاء , نختار مساحة الصفيحة بواسطة النقر عليها و من ثم ننقر على الزر موافق OK , للحصول على النموذج المشبك كما مبين في الشكل (6.31).


1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
21:25:03
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.30)


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
21:28:23
Y
Z
X
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.31)

6.3.2 الحل Solution

يمكننا الحصول على الحل من خلال تطبيق الشروط الحدودية Boundaary Conditions بواسطة إتباع الخطوات التالية:

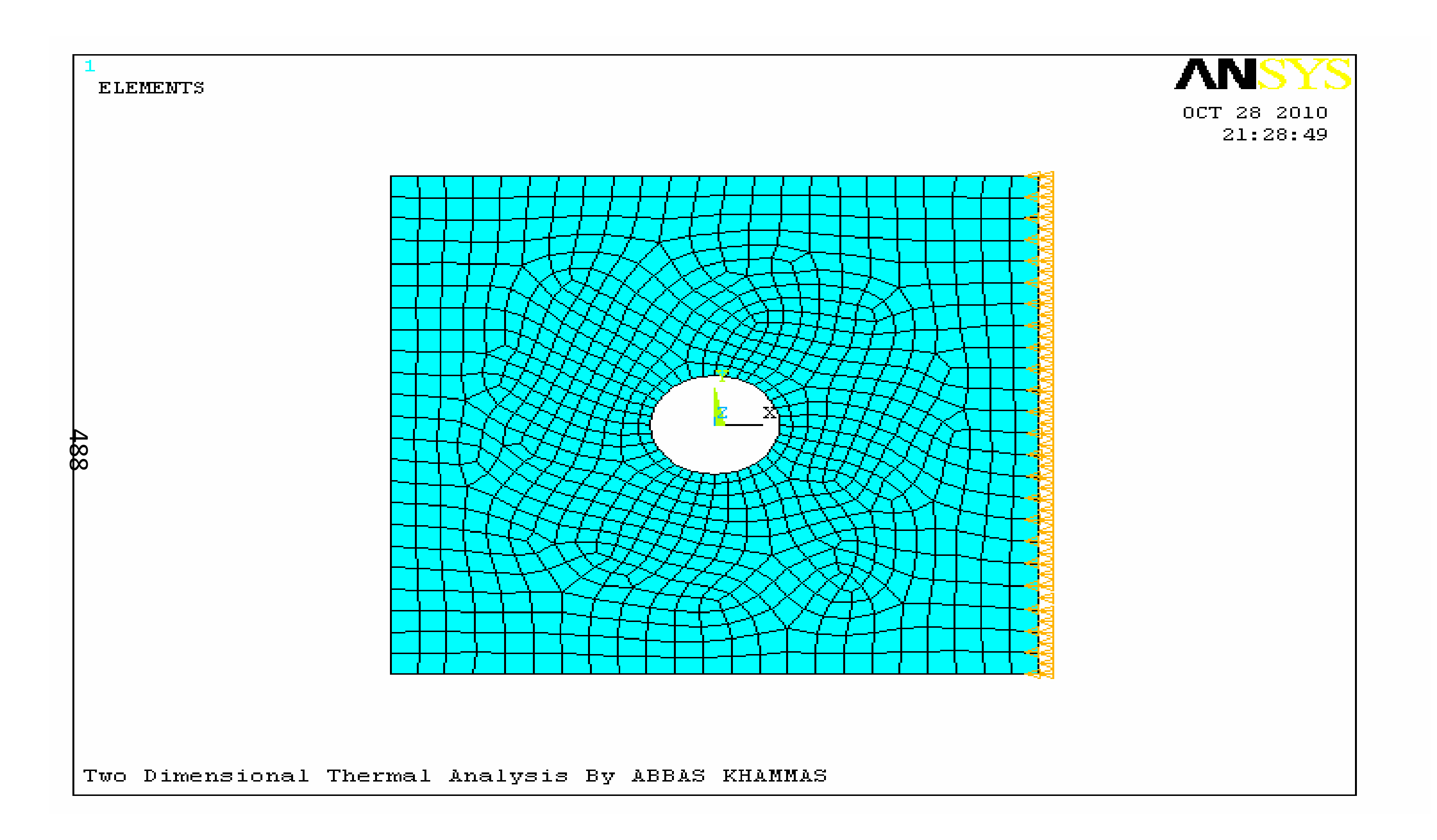
1. تسليط درجات الحرارة المطلوبة على الصفيحة بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads> pply>Thermal> emperature>On Nodes

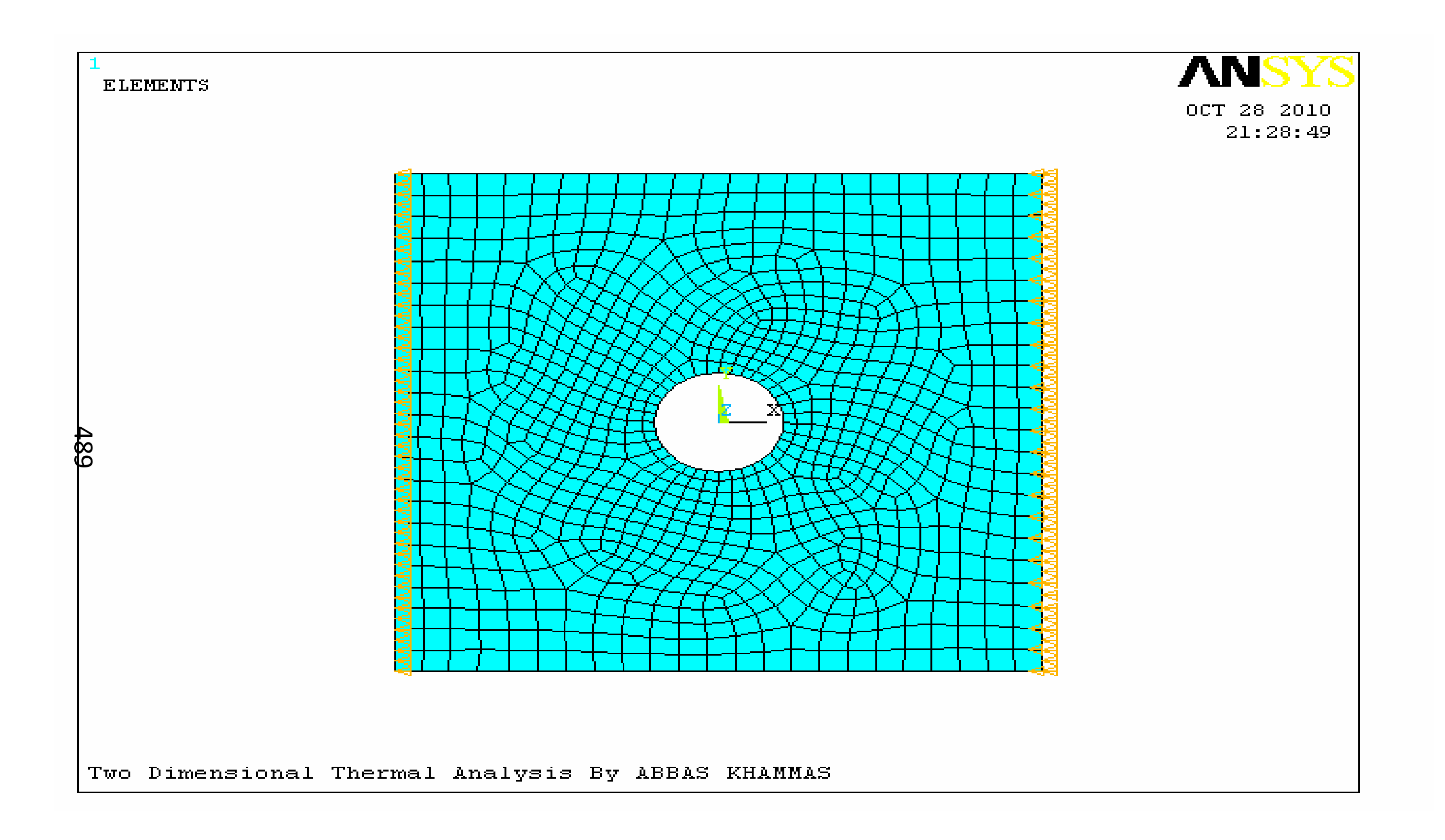
و هذا يؤدي بدوره الى فتح قائمة الإنتقاء , ننقر على زر الإختيار صندوق Box-Radio Button و من ثم نرسم مستيطلاً حول العقد الموجودة في الحافة اليمنى من الصفيحة و من ثم ننقر على الزر موافق OK , يؤدي ذلك بدوره الى فتح صندوق حوار تطبيق درجات الحرارة على العقد Apply TEMP on Nodes Dialog Box , الآن, نقوم بتظليل (تحديد) TEMP و من ثم يتم إدخال قيمة درجة الحرارة (50) في مجال النص VALUE Load TEMP Value حيث يؤدي ذلك الى تسليط درجة الحرارة (50) على الحافة اليمنى كما مبين في الشكل (6.32).

2. بعد إدخال قيمة درجة الحرارة , ننقر على الزر تطبيق Apply , حيث يؤدي ذلك الى إعادة ظهور قائمة الإنتقاء مرة أخرى , الآن, ننقر على زر الإختيار صندوق و من ثم نرسم مستطلاً حول العقد الموجودة في الحافة اليسرى من الصفيحة و من ثم ننقر على الزر موافق OK , يؤدي ذلك بدوره الى إعادة فتح صندوق حوار تطبيق درجات الحرارة على العقد , الآن, نظلل (نحدد) TEMP ثم يتم إدخال قيمة درجة الحرارة

(200) في مجال النص VALUE Load TEMP Value ثم ننقر على الزر موافق OK. و نتيجة لذلك يتم تعريف درجة الحرارة في الحافة اليسرى من الصفيحة كما مبين في الشكل (6.33).


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
21:28:49
Y
Z
X
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.32)


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
21:28:49
Y
Z
X
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.33)

3. الآن, نقوم بتطبيق الشرط الحدودي للحمل الحراري Convection بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply> hermal> onvection>On Nodes

بعد ظهور قائمة الإنتقاء , نقوم بإنتقاء العقد الموجودة في الخط العلوي للصفيحة ومن ثم ننقر على الزر موافق OK , يؤدي ذلك الى ظهور صندوق حوار تطبيق الحمل الحراري على العقد Apply CONV on Nodes Dialog Box حيث يتم إدخال القيم التالية:

a) القيمة (150) في مجال النص الأول (Film Coefficient).
b) القيمة (25) في مجال النص الثاني (Bulk Temperature).

ومن ثم ننقر على الزر موافق OK.

4. أما بالنسبة للحافة السفلى للصفيحة فإنه يكون في الحالة الأدياباتية Adiabatic (لاينطوي على كسب أو فقدان حراري).
5. أخيراً , نقوم بإدخال الشرط الحدودي للثقب المركزي للصفيحة Plate Center Hole حيث يتم من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply>Thermal>Heat Flux>On Lines

يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح قائمة الإنتقاء و قبل أن نقوم بعملية الإنتقاء يفضل أن نحصل على شكل مكبّر للثقب المركزي كما مبين في الشكل (6.34) بحيث يمكننا إنتقاء الحافة الداخلية للثقب بسهولة.

ANSYS
OCT 28 2010
21:34:02
ELEMENTS
TEMP
CONV-HCOE
150
Y
Z
X
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.34)

و بعد إتمام عملية الإنتقاء للحافة الداخلية للثقب ننقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء و هذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار تطبيق الدفق الحراري على الخطوط Apply HFLUX on Lines Dialog Box , الآن نقوم بإدخال القيمة (100-) في مجال النص VAL I Heat Flux و من ثم ننقر على الزر موافق OK لتطبيق الدفق الحراري على الصفيحة كما مبين في الشكل (6.35).

6. يمكننا الآن الحصول على الحل من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Solve>Current LS

حيث يؤدي هذا المسار الى ظهور نافذة التثبّت Confirmation Window مع نافذة تقرير الحالة Status Report Window نقوم بمراجعة هذه النوافذ فإذا كانت النتيجة مناسبة , ننقر على الزر موافق OK في نافذة التثبّت , ثم ننتظر حتى يصدر برنامج Ansys الإيعاز التالي: (Solution is done!).

6.3.3 المعالجة اللاحقة Postprocessing

يمكننا إستعراض النتائج من خلال الخطوات التالية:

1. إستعراض توزيع درجات الحرارة في الصفيحة بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General Postproc>Plot Results>Contour Plot>Nodal Solu

يؤدي ذلك الى فتح صندوق حوار بيانات الحل العقدي الكنتوري Contour Nodal Solution Data Dialog Box. نختار منه DOF

Solution من القائمة اليسرى , و Temperature TEMP من القائمة اليمنى و من ثم ننقر على الزر موافق OK للحصول على الشكل الكنتوري لتوزيع درجات الحرارة كما مبين في الأشكال (6.36 و 6.37).

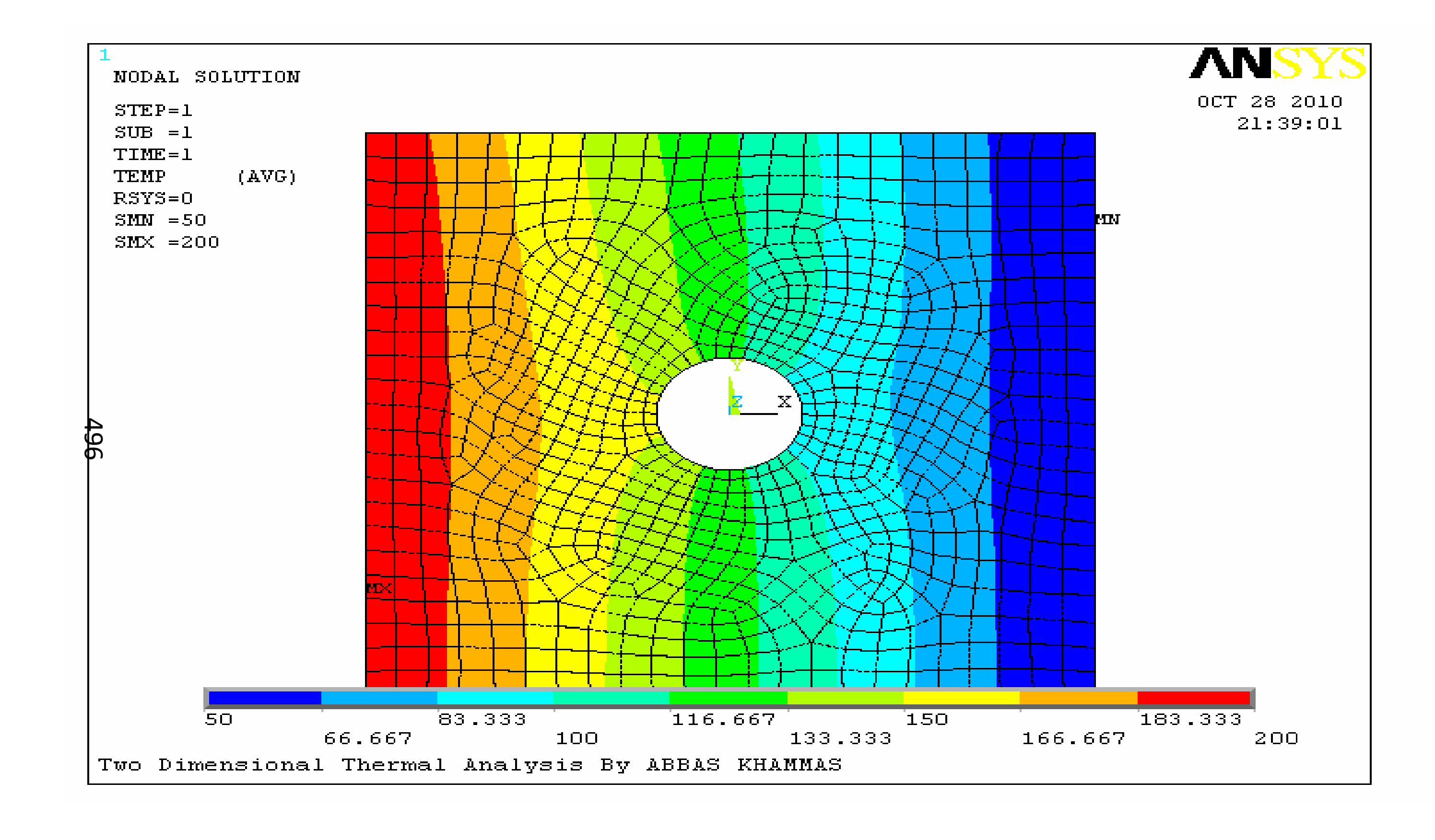
ELEMENTS
TEMP
CONV-HCOE
150

ANSYS
OCT 28 2010
21:34:02

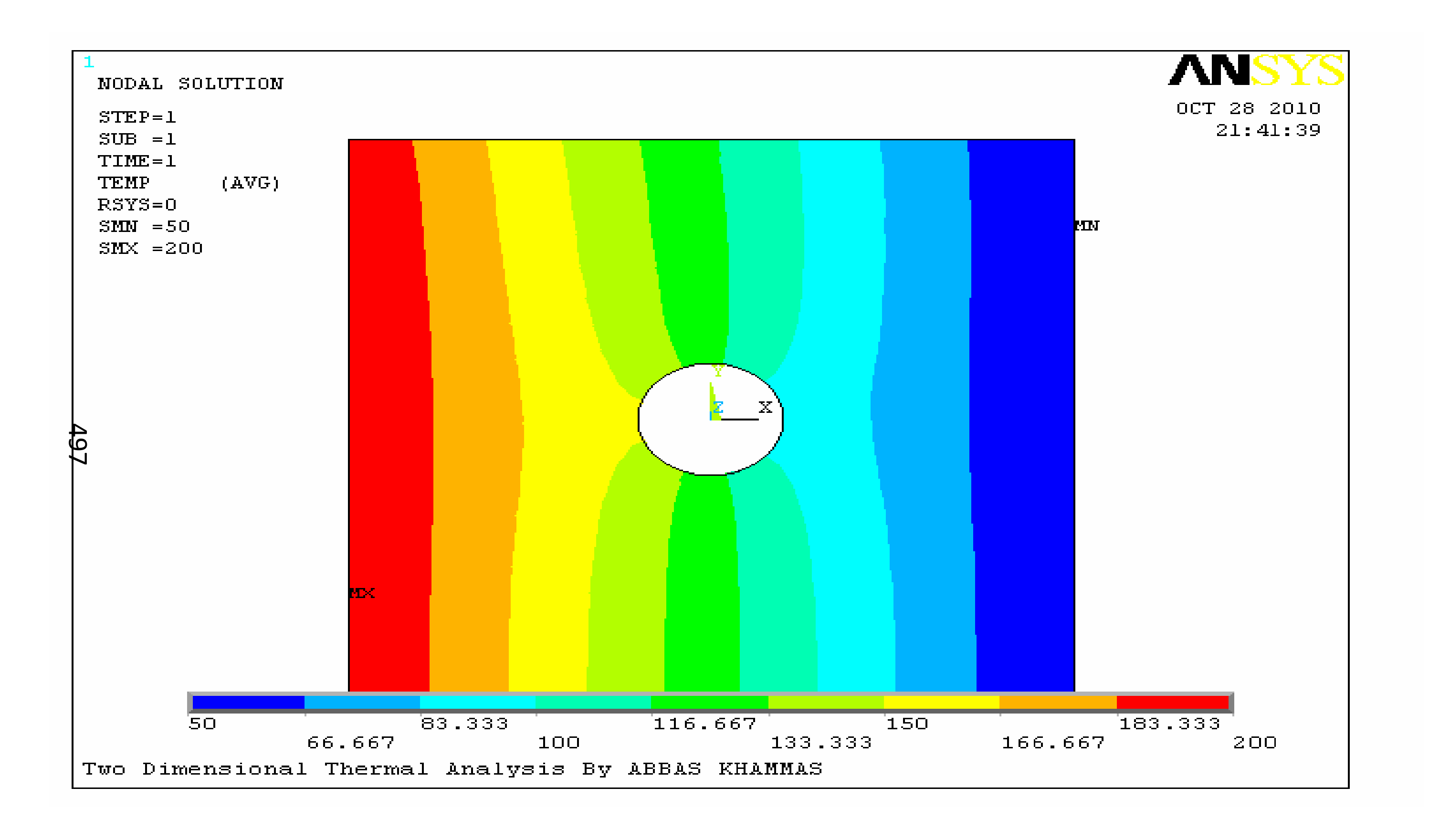
Y
Z X

Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.35)


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMN =50
SMX =200
ANSYS
OCT 28 2010
21:39:01
MN
MX
Y
Z
X
50
66.667
83.333
100
116.667
133.333
150
166.667
183.333
200
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.36)


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMN =50
SMX =200
ANSYS
OCT 28 2010
21:41:39
MN
MX
Y
Z
X
50
66.667
83.333
100
116.667
133.333
150
166.667
183.333
200
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.37)

2. يمكننا أيضاً إستعراض العلاقة مابين درجة الحرارة و المسافة من حافة الثقب المركزي عند مسار معين من خلال إتباع الخطوات التالية:

a) تعريف المسار بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Define Path>By Nodes

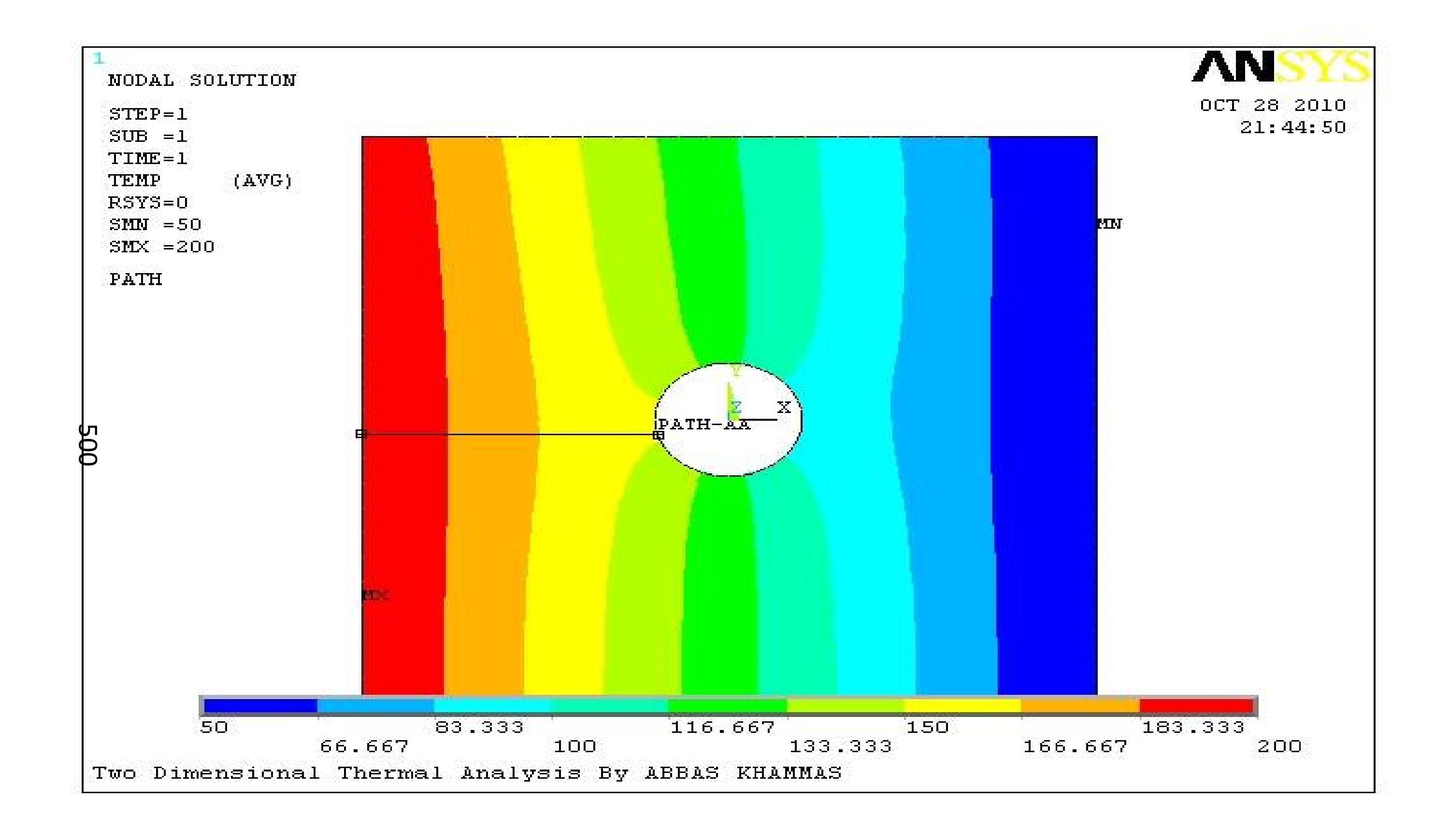
يؤدي هذا المسار بدوره الظهور قائمة الإنتقاء , الآن نقوم على سبيل المثال إنتقاء عقدتين عند المسار PATH-AA كما مبين في الشكل (6.38) و من ثم ننقر على الزر موافق OK و هذا بدوره يؤدي الى فتح صندوق حوار تعريف المسار بواسطة العقد Define Path By Nodes Dialog Box , يتم فيه إدخال إسم المسار ليكن على سبيل المثال PATH-AA في مجال النص Name Define Path Name ومن ثم ننقر على الزر موافق OK.

b) تمثيل نتائج درجات الحرارة في المسار المحدد بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Map onto Path

وهذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار تمثيل عناصر التيجة في المسار المحدد Map Results Item onto Path Dialog Box , الآن نقوم بإدخال إسم مميز يشير الى عناصر النتيجة ليكن (Temp-Dis) في مجال النص Lab User Label for Item ثم نختار DOF Solution

من القائمة اليسرى و Temperature TEMP من القائمة اليمنى للعنصر.
و أخيراً , ننقر على الزر موافق OK.


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
TEMP (AVG)
RSYS=0
SMN =50
SMX =200
PATH
ANSYS
OCT 28 2010
21:44:50
MN
MX
PATH-AA
Y
Z
X
50
66.667
83.333
100
116.667
133.333
150
166.667
183.333
200
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.38)

c) رسم العلاقة البيانية مابين درجة الحرارة و المسافة من حافة الثقب في المسار المحدد (PATH-AA) من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>General PostProc>Path Operations>Plot Path Item>On Graph

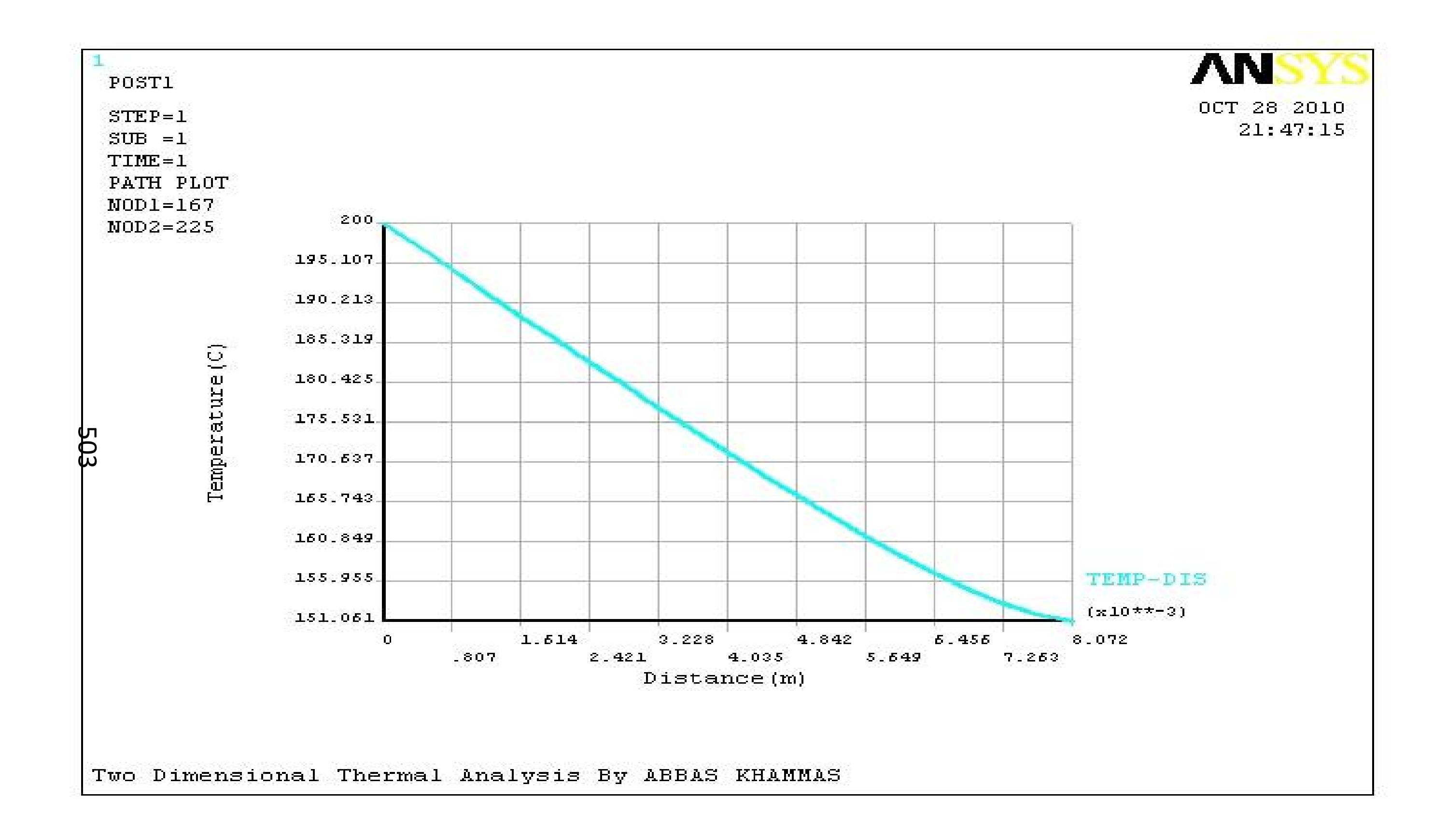
حيث يؤدي المسار أعلاه الى فتح صندوق حوار رسم عناصر المسار في الرسم البياني Plot Path Item on Graph Dialog Box.الآن, نختار من النافذة (Temp-Dis) ومن ثم ننقر على الزر موافق OK للحصول على الرسم البياني الذي يبين العلاقة مابين درجة الحرارة و المسافة من حافة الثقب المركزي كما مبين في الشكل (6.39). هذا و يمكننا بنفس الطريقة الحصول على العلاقة مابين الدفق الحراري Heat Flux و المسافة من حافة الثقب المركزي أي المسار PATH-AA كما مبين في الشكل (6.40).

d) أخيراً, يمكننا إستعراض التغير في درجة الحرارة مع المسافة من حافة الثقب المركزي للصفيحة (المسار PATH-AA) في الشكل الهندسي للنموذج Geometry بواسطة إتباع مسار القائمة التالي:

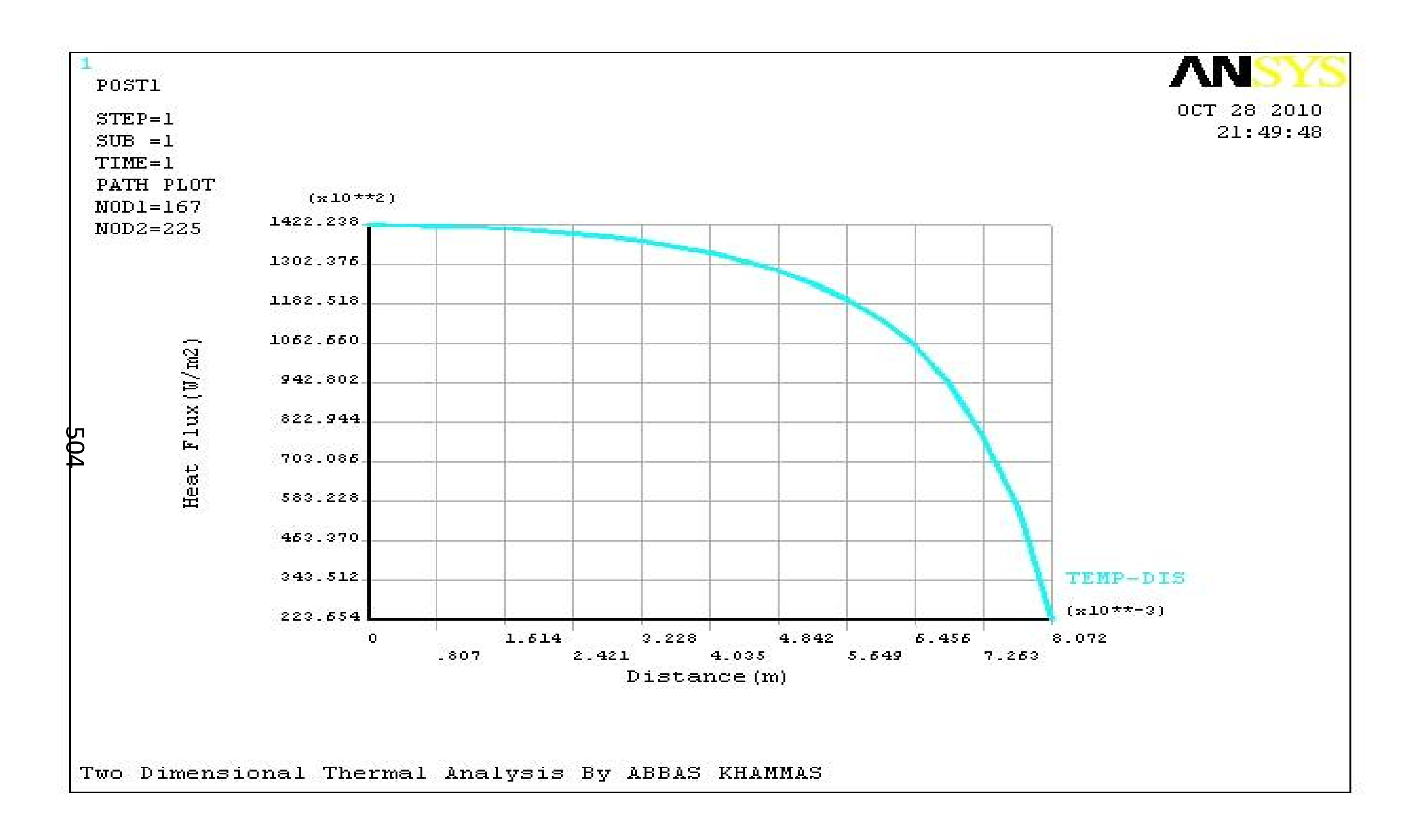
Main Menu>General PostProc>Path Operations>Plot Path Item>On Geometry

حيث يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح صندوق حوار رسم عناصر النتيجة في الشكل الهندسي للنموذج Plot of Path Items on

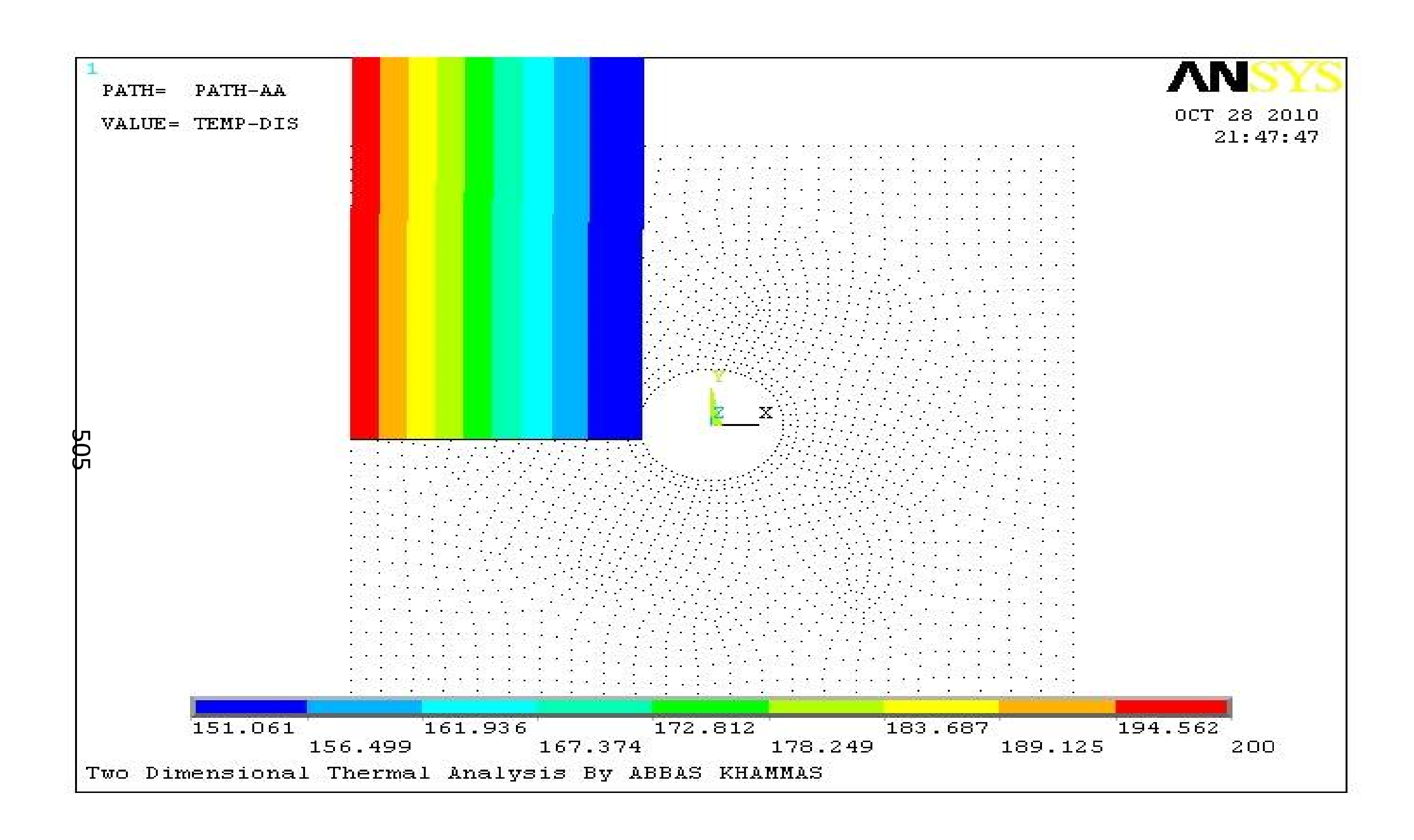
ومن ثم ننقر (Temp-Dis) نختار من النافذة Geometry Dialog Box.
على الزر موافق OK للحصول على العلاقة مابين درجة الحرارة و
المسافة من حافة الثقب المركزي للصفيحة في الشكل الهندسي للنموذج كما
مبين في الشكل (6.41).


1
POST1
STEP=1
SUB =1
TIME=1
PATH PLOT
NOD1=167
NOD2=225
ANSYS
OCT 28 2010
21:47:15
200
195.107
190.213
185.319
180.425
175.531
170.637
165.743
160.849
155.955
151.061
Temperature(C)
0
.807
1.614
2.421
3.228
4.035
4.842
5.649
6.456
7.263
8.072
(x10**-3)
Distance(m)
TEMP-DIS
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.39)


1
POST1
STEP=1
SUB =1
TIME=1
PATH PLOT
NOD1=167
NOD2=225
ANSYS
OCT 28 2010
21:49:48
(x10**2)
1422.238
1302.376
1182.518
1062.660
942.802
822.944
703.086
583.228
463.370
343.512
223.654
Heat Flux(W/m2)
TEMP-DIS
(x10**-3)
0
.807
1.614
2.421
3.228
4.035
4.842
5.649
6.456
7.263
8.072
Distance(m)
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.40)


1
PATH= PATH-AA
VALUE= TEMP-DIS
ANSYS
OCT 28 2010
21:47:47
Y
Z
X
151.061
156.499
161.936
167.374
172.812
178.249
183.687
189.125
194.562
200
Two Dimensional Thermal Analysis By ABBAS KHAMMAS

الشكل (6.41)

الفصل السابع

تطبيقات هندسية

حول المواد المركبة

7.1 مقدمة Introduction

المادة المركبة عبارة عن خليط من إثنين أوأكثر من المواد لتحقيق خليط من الخواص لايمكن الحصول عليها عند أستخدام أحد المواد. على سبيل المثال، الخواص المطلوبة في معظم المواد الإنشائية Structural Materials هي المقاومة العالية، أومعامل المرونة العالي والوزن الخفيف بالإضافة الى المتانة الجيدة. إن المقاومة العالية ومعامل المرونة العالي والوزن الخفيف يتم الحصول عليها في:

1) الزجاج Glasses.

2) السيليكا Silica.

3) الكاربون Carbon.

4) البورون Boron...............الخ.

بشكل ألياف Fibers، إلا أنها، لاتتميز بالمتانة العالية أوالمطيلية العالية ولهذا من السهل أن تخضع الى الانكسار الذي يحدث بواسطة التقدم السريع للشق الصغير. أما عندما تُنتج الألياف ذات النوعية الجيدة من المواد أعلاه وتُثبّت في أرضية Matrix مطيلية مثل الأرضية المعدنية أوالأرضية اللدائنية فإن المادة المركبة الناتجة سوف تجمع مابين المتانة العالية والمقاومة العالية والوزن الخفيف. إن الأرضية الطرية Soft والمطيلية تحمي سطح الألياف من تكون الشقوق وكذلك تمنع توسّع الشقوق الموجودة مسبقاً. إن مثل هذه المواد المركبة تسمى المواد المركبة المسلّحة بالألياف Fiber Reinforced Composite. أضف الى ذلك، أن المواد

المركبة يمكن الحصول عليها بواسطة تشتيت الدقائق في الأرضية (المواد المركبة الدقائقية Particulate Composite) أوبواسطة إنشاء تركيب من طبقات أوصفائح المواد المختلفة (المواد المركبة الصفائحية Lamellar Composite). وهناك أيضاً العديد من المواد الطبيعية أوالعضوية التي يمكن أن تُصنّف ضمن المواد المركبة مثل الخشب wood، الخيزران Bamboo، الأسنان Tooth. وفي هذا الفصل سوف نتطرق الى تطبيقات برنامج Ansys في المواد المركبة التي تخضع الى الإجهادات الميكانيكية.

7.2 صفيحة مصنعة من مادة مركبة تخضع الى شد محوري

Composite Plate Under Axial Tension

لوفرضنا أن لدينا صفيحة مربعة الشكل مصنعة من مادة مركبة مقواة بألياف وتخضع الى إجهاد متجانس (20 ksi) على طول الحدود العلوية والسفلية كما مبين في الشكل (7.1). حيث أن طول جوانب الصفيحة هو (10 in) أما الألياف فإنها متجهة بزاوية مقدارها (45^o) في نظام الأحداثيات الديكارتي العام Glob Cartesian Coordinates System. وتتميز هذه المادة بالخواص التالية:

$E_1 = 10 \times 10^3 ksi$

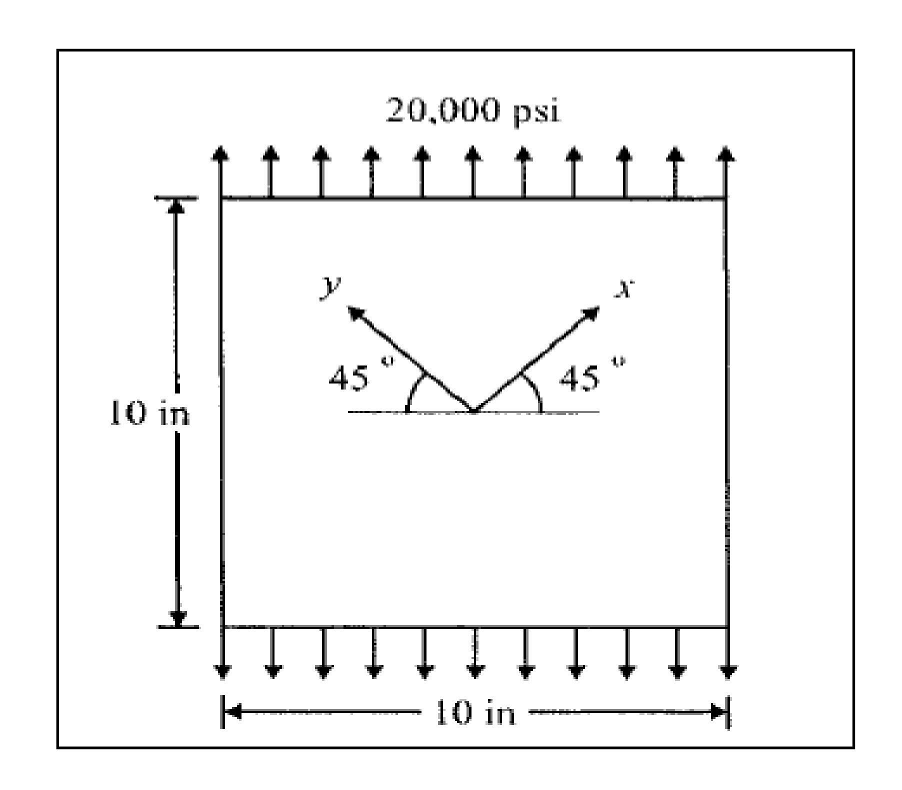
$E_2 = 30 \times 10^3 ksi$

$G_{12} = 15 \times 10^3 ksi$

$v_{12} = 0.1$

إن الهدف هوإيجاد الشكل المزاح Displaced Shape (إزاحة الشكل المشوه (Displacement of Deformed Shape) نتيجة الإجهادات الشدية المحورية بإستخدام برنامج Ansys. **يمكننا حل هذه المسألة بإستخدام برنامج Ansys بواسطة الخطوات التالية:**

1. توليد النموذج Model Generation.
2. الحل Solution.
3. المعالجة اللاحقة Post processing.



الشكل (7.1)

7.2.1 توليد النموذج Model Generation

يمكننا الحصول على النموذج المطلوب من خلال الخطوات التالية:

1. تعريف نوع العنصر Element Type بإستخدام مسار القائمة التالية:

Main Menu>Preprocessor>Element Type>Add/Edit/Delete

ومن ثم نتبع الخطوات التالية:

a) ننقر على الزر إضافة Add.

b) نختار Solid من القائمة اليسرى و Quad 4 Node 42 من القائمة اليمنى ثم ننقر على الزر موافق OK.

c) ننقر على الزر إغلاق Close.

2. نحدد خواص المادة من خلال مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Material Props>Material Models

ونتيجة لذلك يظهر صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة Define Material Model Behavior Dialog Box , الآن ننقر نقراً مزدوجاً في النافذة اليمنى على Structural , Linear, Elastic, Orthotropic وهذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار آخر كما مبين في الشكل (7.2). الآن, نقوم بإدخال خواص المادة كما مبين في هذا الشكل ثم ننقر على الزر موافق OK. وأخيراً, نقوم بإغلاق صندوق حوار تعريف سلوك نموذج المادة من خلال المسار التالي:

Material>Exit

هذا ويمكننا إدخال الخواص من خلال نافذة الأوامر كما مبين في الشكل (7.3).

3. إنشاء النقاط الأساسية Keypoints من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Keypoints>In Active CS

Linear Orthotropic Properties for Material Number 1

Linear Orthotropic Material Properties for Material Number 1

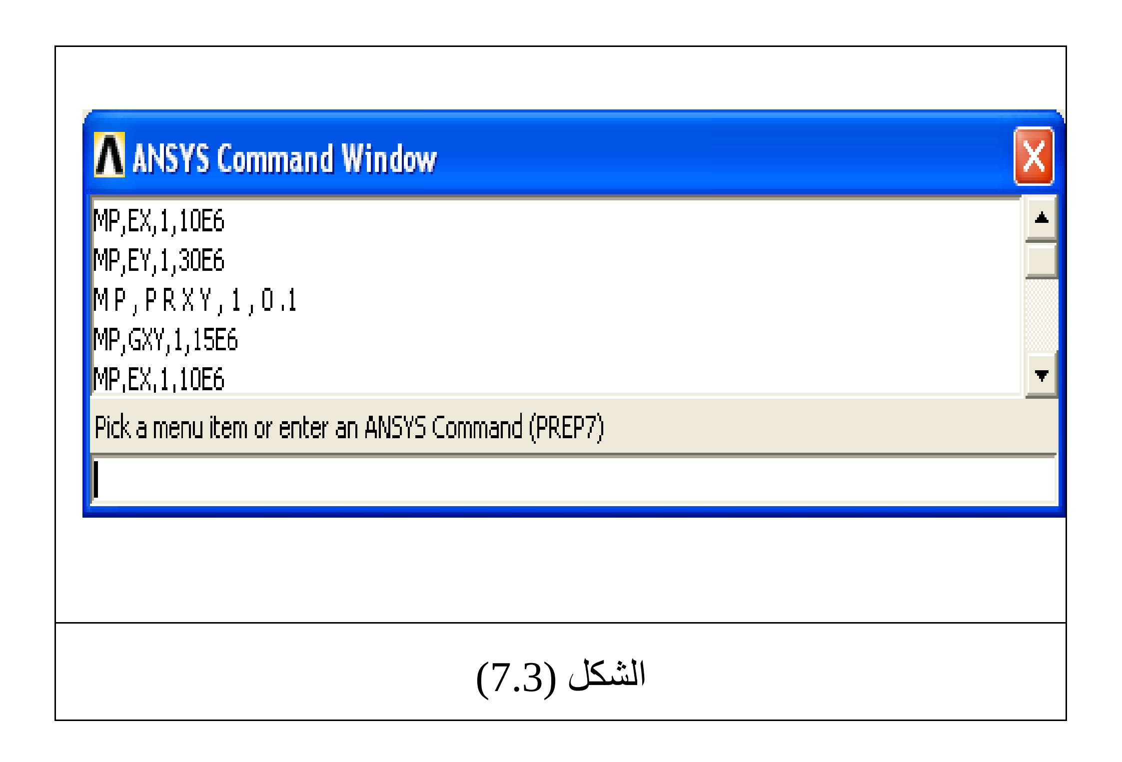
Choose Poisson's Ratio

	T1
Temperatures	
EX	10e6
EY	30e6
EZ	
PRXY	0.1
PRYZ	
PRXZ	
GXY	15e6
GYZ	
GXZ	

Add Temperature | Delete Temperature | Graph

OK | Cancel | Help

الشكل (7.2)



الشكل (7.3)

يؤدي المسار أعلاه الى فتح صندوق حوار إنشاء النقاط الأساسية في نظام الإحداثيات الفعّال Create Keypoints in Active System Dialog Box **ويتم ذلك من خلال الخطوات التالية:**

a) إنشاء أربعة نقاط أساسية للحصول على الشكل المربع للصفيحة.

b) نقوم بإدخال إحداثيات النقطة الأساسية الأولى Keypoints1 (-5,-5) ثم ننقر على الزر تطبيق Apply للحصول على النقطة الأساسية الأولى كما مبين في الشكل (7.4) حيث يتم إنشاء هذه النقطة في نظام الإحداثيات الفعّال.

c) نكرر نفس العملية للحصول على النقاط الأساسية الثانية (5,-5) والثالثة (5,5) والرابعة (5,5-) كما مبين في الأشكال (7.5), (7.6),(7.7) على التوالي.

d) أخيراً, ننقر على الزر موافق OK بدلاً من النقر على الزر تطبيق Apply.

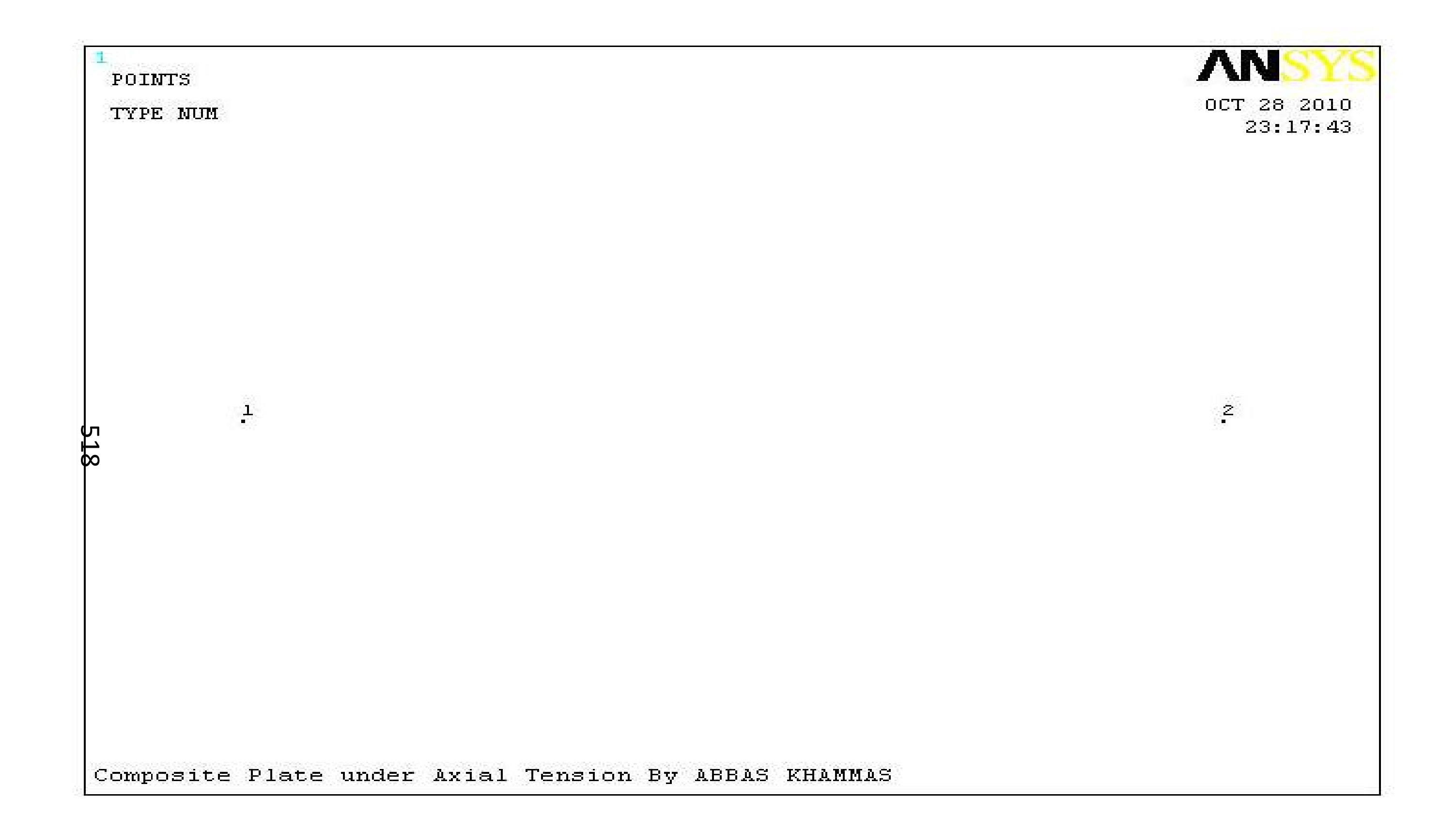
4. إنشاء المساحة من خلال النقاط الأساسية بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Modeling>Create>Areas>Arbitrary>Through KPs

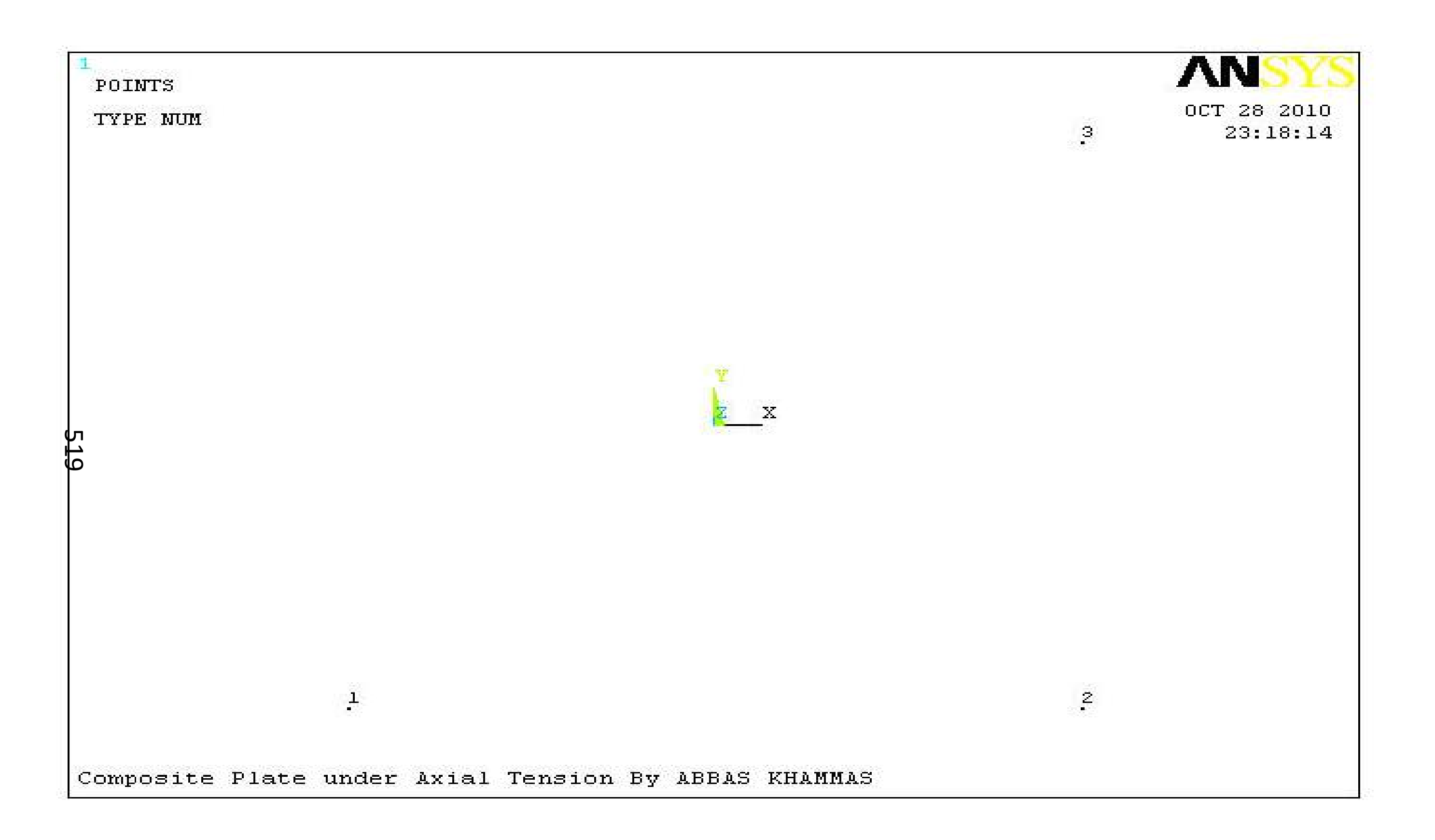
يؤدي ذلك الى فتح قائمة الإنتقاء , الآن نقوم بإنتقاء النقاط الأساسية , إبتداءاً من النقطة الأساسية الأولى وإنتهاءاً بالنقطة الأساسية الرابعة (بالتسلسل) ثم ننقر على الزر موافق OK للحصول على المساحة المربعة كما مبين في الشكل (7.8).

1
POINTS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
23:16:28
1
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

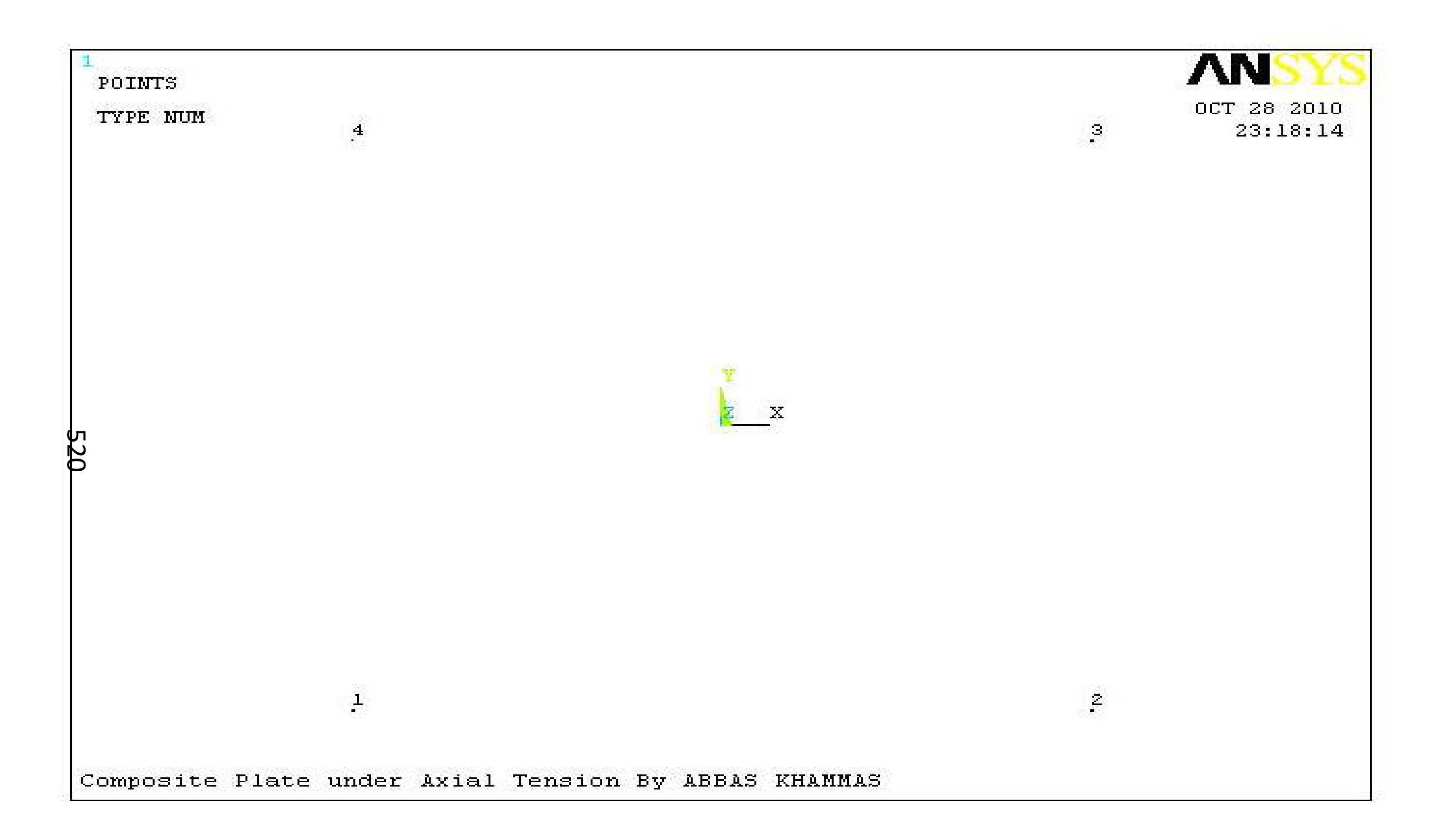
الشكل (7.4)


1
POINTS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
23:17:43
1
2
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

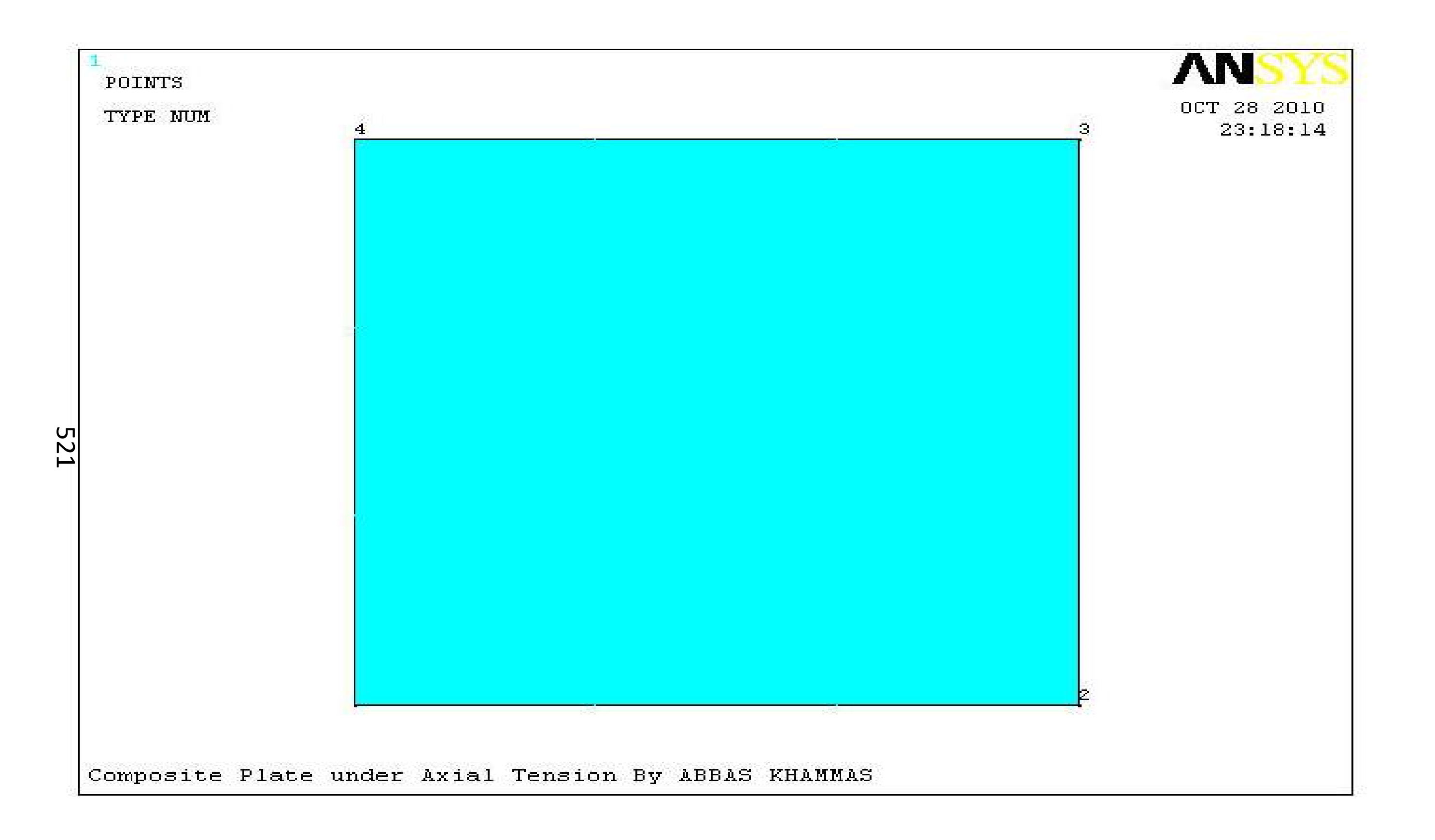
الشكل (7.5)


1
POINTS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
23:18:14
3
Y
Z
X
1
2
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

الشكل (7.6)


1
POINTS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
23:18:14
4
3
Y
Z
X
1
2
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

الشكل (7.7)


1
POINTS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
23:18:14
4
3
2
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

الشكل (7.8)

5. إن خواص المادة تشير الى إتجاهات الألياف وبما أن نظام الإحداثيات الديكارتي وإتجاه الألياف عند زاوية مقدارها (45^o) , فإن نظام إحداثيات العنصر يجب أن يكون مصطفاً مع إتجاه الليف Fiber Direction. وبهذا الخصوص, نقوم بإنشاء نظام الإحداثيات الموضعي Local Coordinates System من خلال مسار القائمة التالي:

Utility Menu>Workplane>Local Coordinates Systems>Create Local CS>At Specified Loc

يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح قائمة الإنتقاء , الآن نقوم بإدخال الإحداثيات (0,0,0) في مجال النص الموجود في قائمة الإنتقاء كما مبين في الشكل (7.9) ثم ننقر على الزر موافق OK , وهذا يؤدي بدوره الى فتح صندوق حوار إنشاء نظام الإحداثيات الموضعي كما مبين في الشكل (7.10) . الآن, نقوم بإدخال الزاوية (45^o) في مجال النص THXY Rotation about local Z ثم ننقر على الزر موافق OK حيث يؤدي ذلك بدوره الى إنشاء نظام الإحداثيات الموضعي (11) Local Coordinate System 11. بعد ذلك , نقوم بمحاذاة نظام إحداثيات العنصر مع نظام الإحداثيات الموضعي (11) من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh Attributes>Default Attribs

يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح صندوق حوار الخصائص المميزة للتشبيك Meshing Attributes Dialog Box كما مبين في الشكل (7.11) , نختار منه (11) من القائمة المنبثقة [ESYS] Element coordinae sys ثم ننقر على الزر موافق OK.

Create CS at Location

Pick   Unpick

Count = 0
Maximum = 1
Minimum = 1
WP X =
Y =
Global X =
Y =
Z =

WP Coordinates
Global Cartesian

0,0,0

OK   Apply
Reset   Cancel
Help

الشكل (7.9)

Create Local CS at Specified Location

[LOCAL] Create Local CS at Specified Location

KCN Ref number of new coord sys — 11

KCS Type of coordinate system — Cartesian 0

XC,YC,ZC Origin of coord system — 0 | 0 | 0

THXY Rotation about local Z — 45

THYZ Rotation about local X

THZX Rotation about local Y

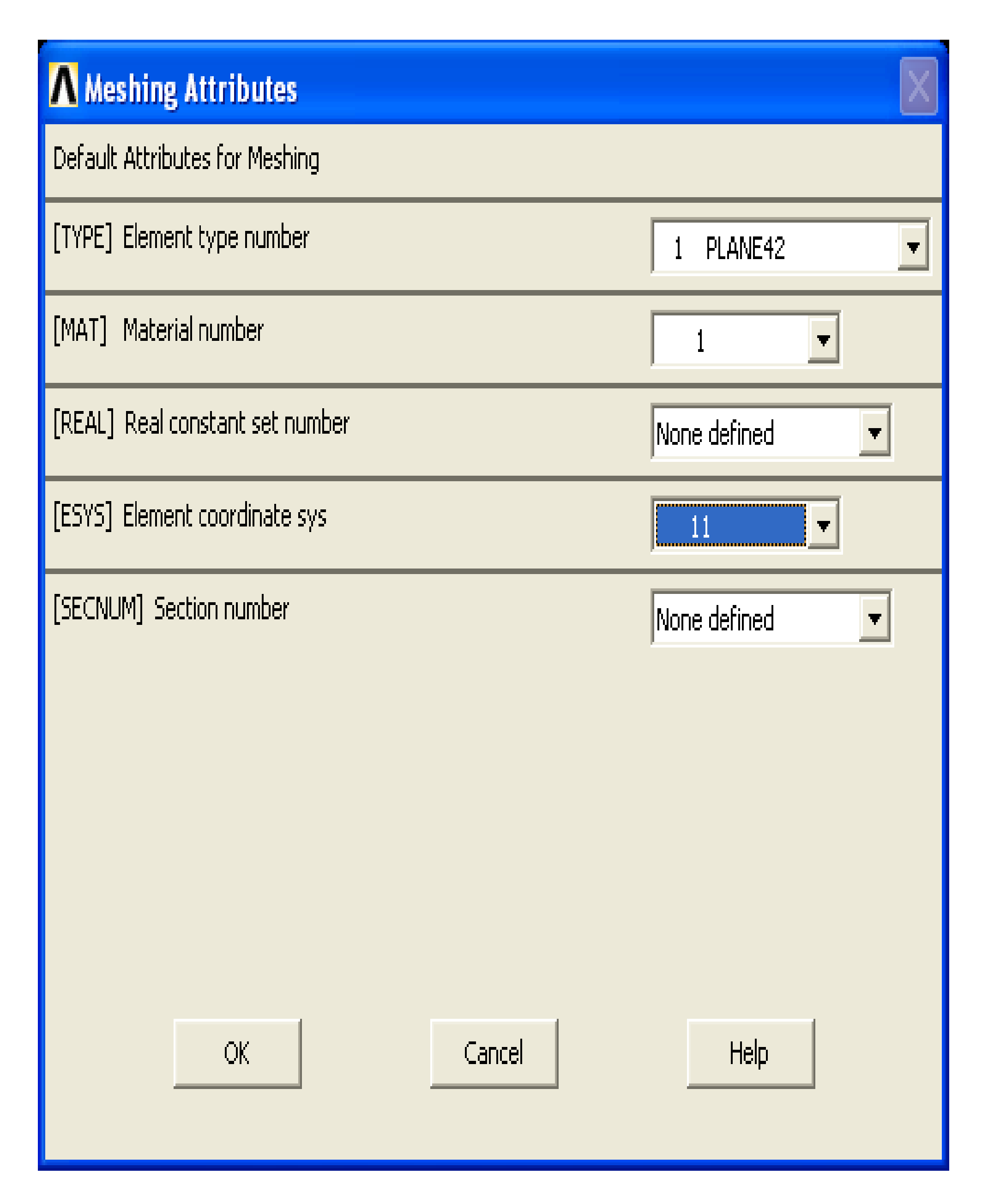
Following used only for elliptical and toroidal systems

PAR1 First parameter — 1

PAR2 Second parameter — 1

OK | Apply | Cancel | Help

الشكل (7.10)


Meshing Attributes
Default Attributes for Meshing
[TYPE] Element type number
1 PLANE42
[MAT] Material number
1
[REAL] Real constant set number
None defined
[ESYS] Element coordinate sys
11
[SECNUM] Section number
None defined
OK
Cancel
Help

الشكل (7.11)

527

الآن, نقوم بتحويل نظام الإحداثيات الفعّال Active Cs الى نظام الإحداثيات الديكارتي العام Global Cartesian بإستخدام مسار القائمة التالي:

Utility Menu>Change Active Cs to>Global Cartesian

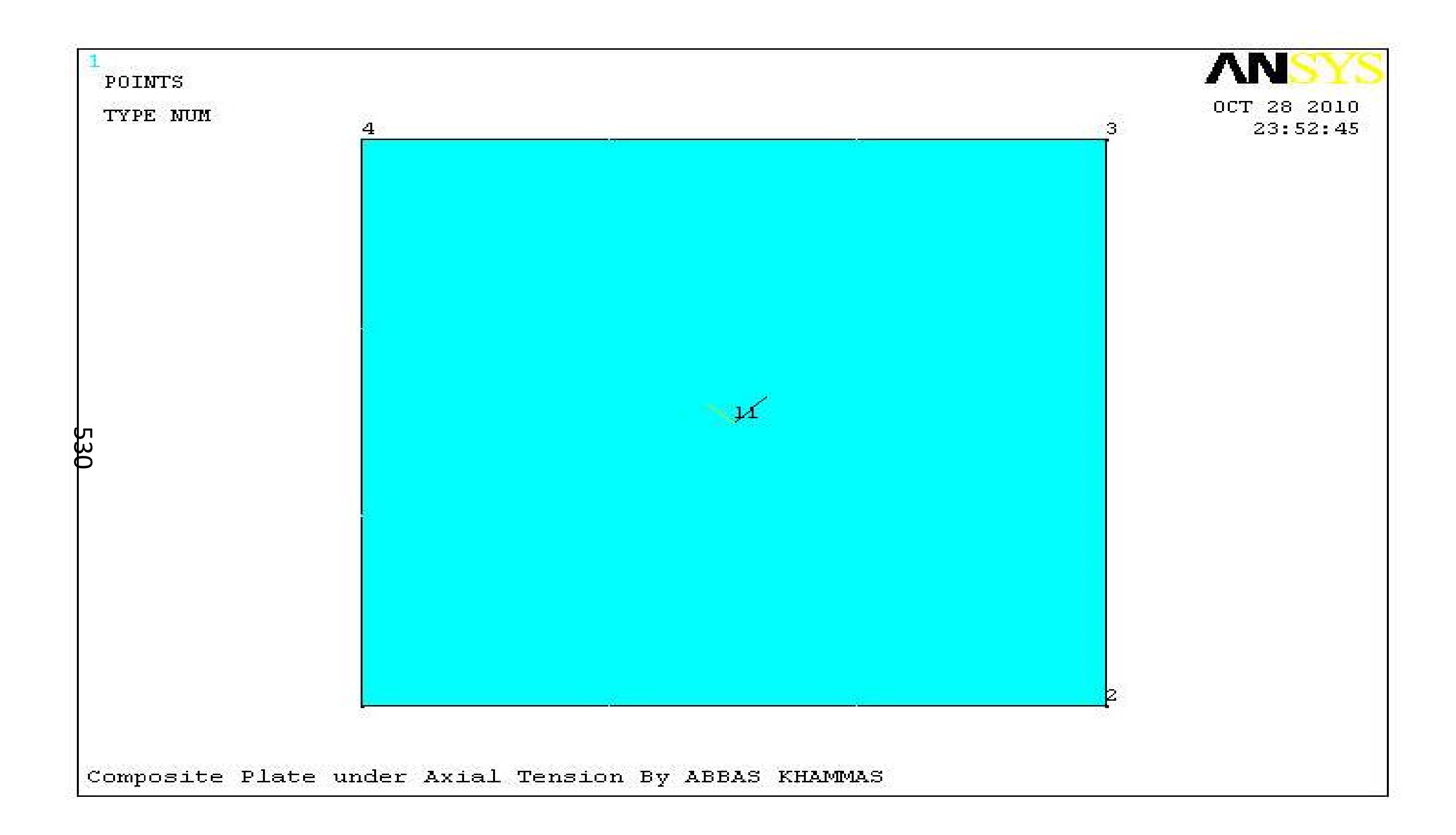
كما مبين في الشكل (7.12) , ثم نحدد عدد التقسيمات Divisions في جميع الخطوط بإستخدام مسا ر القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Size Cntrls> ManualSize>Lines>All Lines

يؤدي هذا المسار الى فتح صندوق حوار حجوم العنصر لجميع الخطوط Element Sizes on All Selected Lines Dialog Box كما مبين في الشكل (7.13). نقوم بإدخال القيمة (20) في مجال النص NDIV No. of element divisions ثم ننقر على الزر موافق OK حيث نحصل على التقسيم المطلوب كما مبين في الشكل (7.14). أخيراً , نقوم بتشبيك المساحة المربعة للصفيحة من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Preprocessor>Meshing>Mesh>Areas>Mapped>3 or 4 Sided

حيث تظهر نتيجة هذا المسار قائمة الإنتقاء , ننقر على الزر إنتقاء الكل Pick All للحصول على التشبيك المبين في الشكل (7.15).


1
POINTS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 28 2010
23:52:45
4
3
2
1
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

الشكل (7.12)

Element Sizes on All Selected Lines

[LESIZE] Element sizes on all selected lines

SIZE Element edge length

NDIV No. of element divisions 20

(NDIV is used only if SIZE is blank or zero)

KYNDIV SIZE,NDIV can be changed Yes

SPACE Spacing ratio

Show more options No

OK Cancel Help

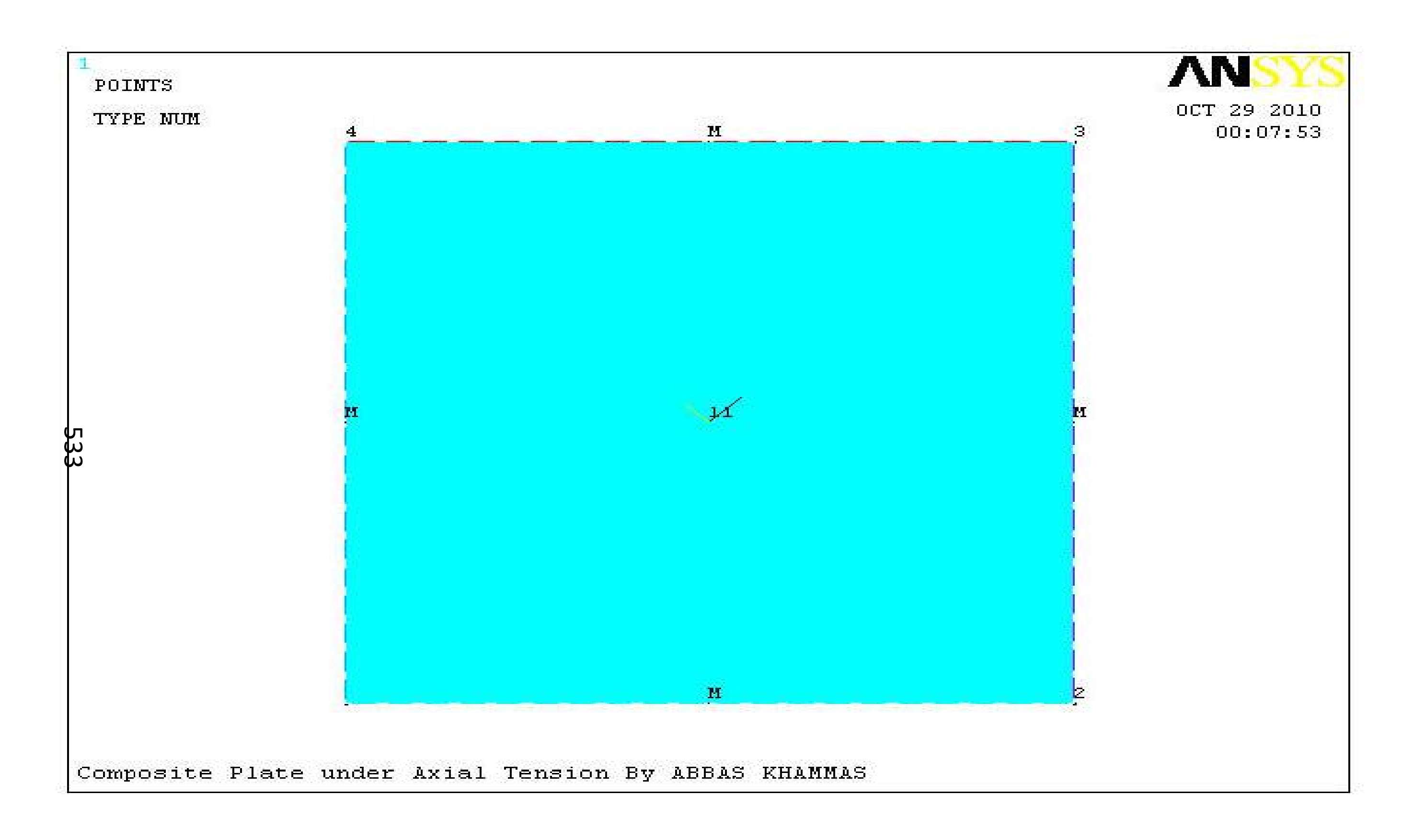
الشكل (7.13)

7.2.2 الحل Solution

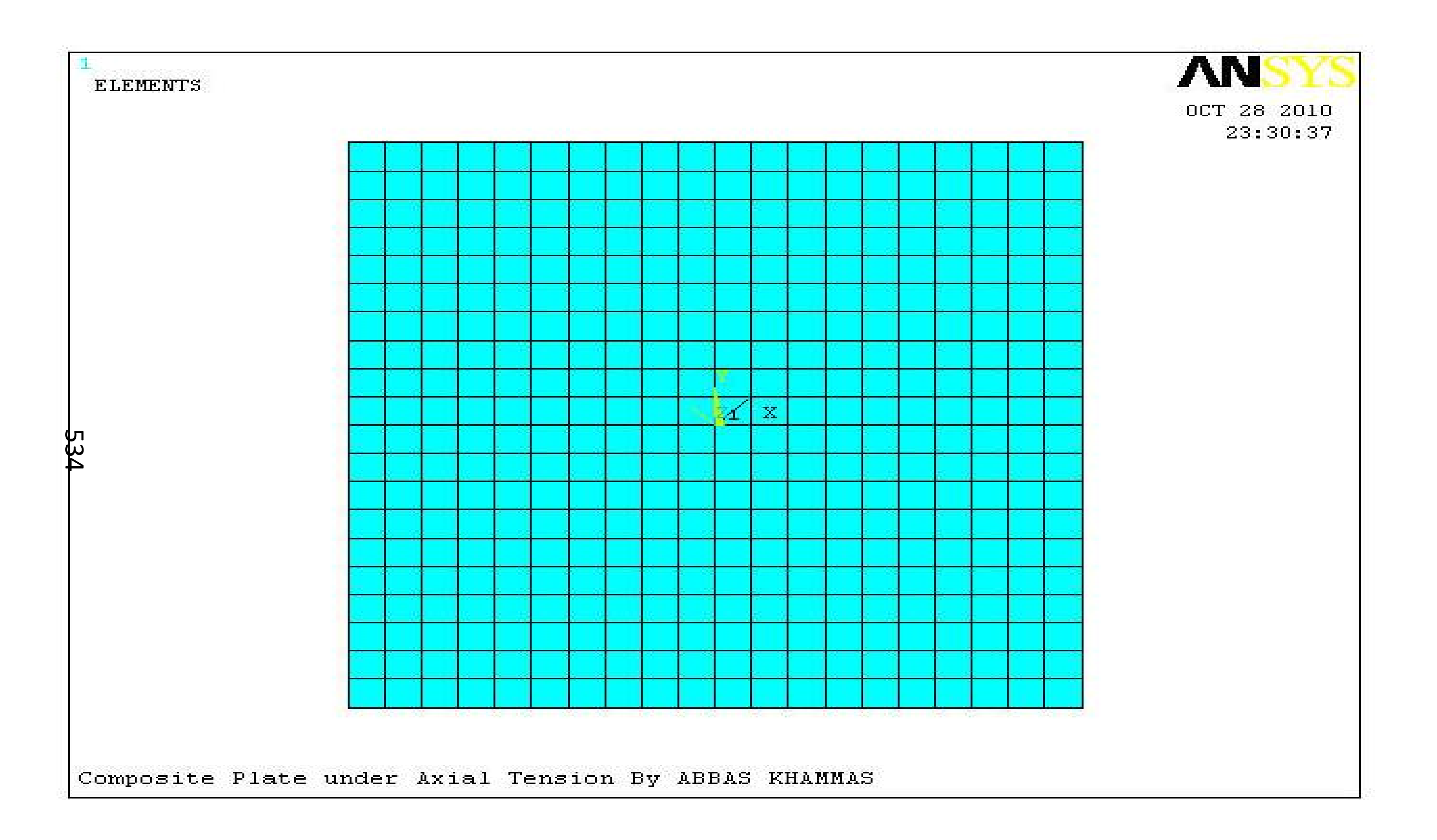
يمكن الحصول على الحل للتطبيق الهندسي أعلاه من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Define Loads>Apply> Structural> Displacement>On Nodes

وهذا يؤدي بدوره الى فتح قائمة الإنتقاء , نقوم بإنتقاء العقدة المركزية Center Node أي العقدة الموجودة في الموقع (X=0,Y=0) ثم ننقر على الزر موافق OK.


1
POINTS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 29 2010
00:07:53
4
M
3
M
11
M
M
2
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

الشكل (7.14)


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
23:30:37
Y
Z
X
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

الشكل (7.15)

بعد النقر على الزر موافق في قائمة الإنتقاء , يظهر صندوق حوار آخر نظلل فيه كل من UX, UY ثم ننقر على الزر تطبيق Apply حيث يؤدي ذلك الى إعادة ظهور قائمة الإنتقاء , الآن, نقوم بإنتقاء العقدة الموجودة في الجاني الأيمن من الصفيحة أي العقدة الموجودة في الموقع (X=5, Y=0) ثم ننقر على الزر موافق OK حيث يؤدي ذلك الى فتح صندوق حوار نزيل فيه التظليل من UX ونترك التظليل في UY ثم ننقر على الزر موافق OK ونتيجة لذلك يتم تسليط قيود الإزاحة كما مبين في الشكل (7.16).

الآن, نقوم بتطبيق الشروط الحدودية Boundary Conditions التي تتضمن تسليط القوة السطحية Surface Force (الضغط Pressure) بإستخدام مسار القائمة التالي:

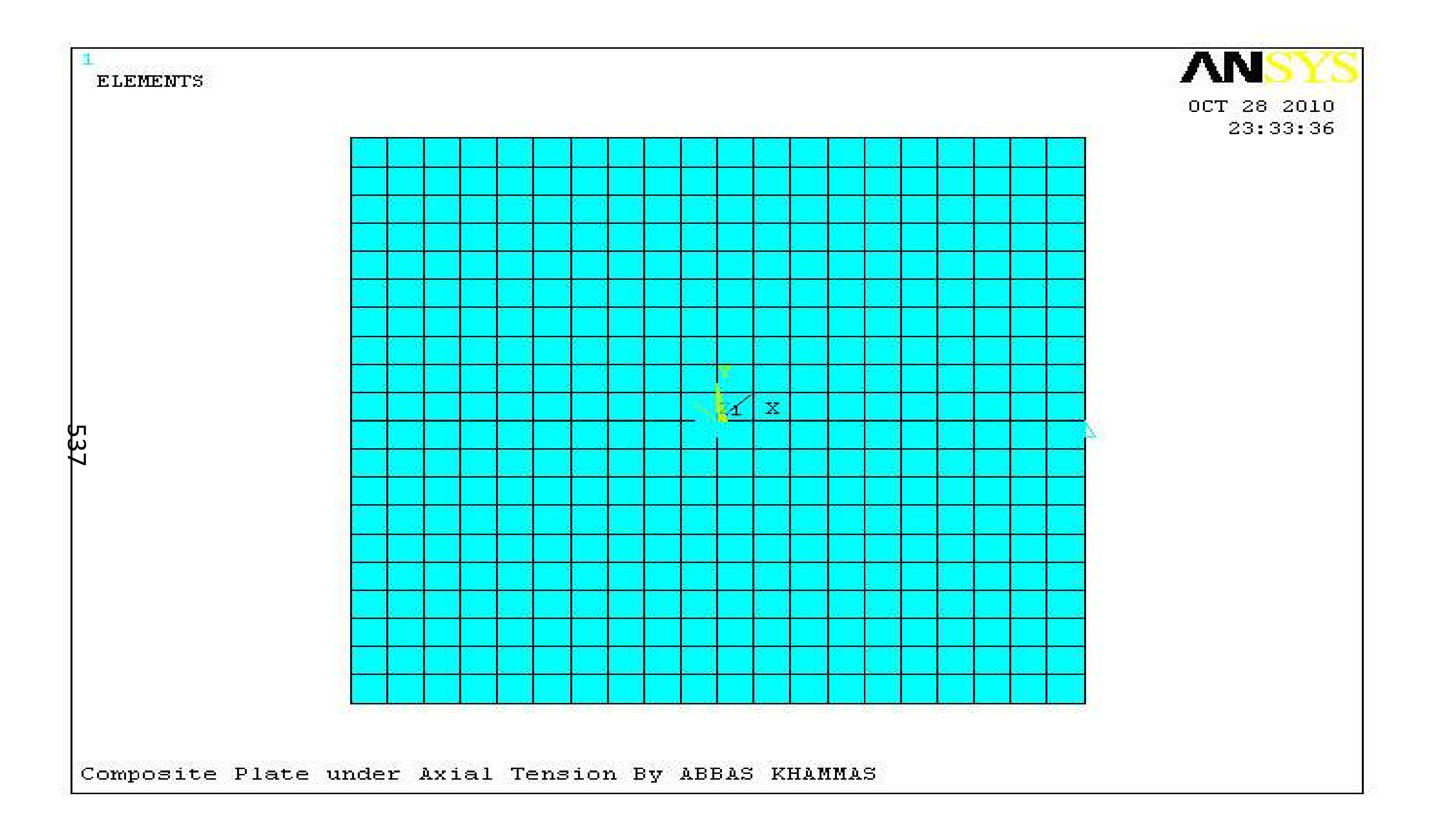
Main Menu>Solution>Define Loads>Apply> Structural> Pressure>On Nodes

ونتيجة لذلك تظهر قائمة الإنتقاء , حيث نقوم بإنتقاء العقد الموجودة على طول السطوح السفلية والعلوية للصفيحة ثم ننقر على الزر موافق OK في قائمة الإنتقاء , يؤدي ذلك بدوره الى فتح نافذة أخرى يتم فيها إدخال القيمة التالية: (20000-) في مجال النص VALUE Load PRES Value ثم ننقر على الزر موافق OK.

أخيراً, يمكننا الحصول على الحل من خلال إتباع مسار القائمة التالي:

Main Menu>Solution>Solve>Current LS

بعد أن تظهر نافذة التأكيد (التثبّت) Confirmation Window ضمن نافذة تقرير الحالة Status Report Window تتم المراجعة فإذا كانت النتيجة موافقة OK يتم غلق نافذة تقرير الحالة ومن ثم ننقر على الزر موافق OK في نافذة التأكيد وبعد ذلك ننتظر حتى يستجيب برنامج Ansys بالعبارة (تم إنجاز الحل) !Solution is done.


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 28 2010
23:33:36
Y
X
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

الشكل (7.16)

7.2.3 المعالجة اللاحقة Postprocessing

أخيراً, نقوم بإستعراض النتائج من خلال الخطوات التالية:

1. إستعراض الشكل المشوه Deformed-Shaped بإستخدام مسار القائمة التالي:

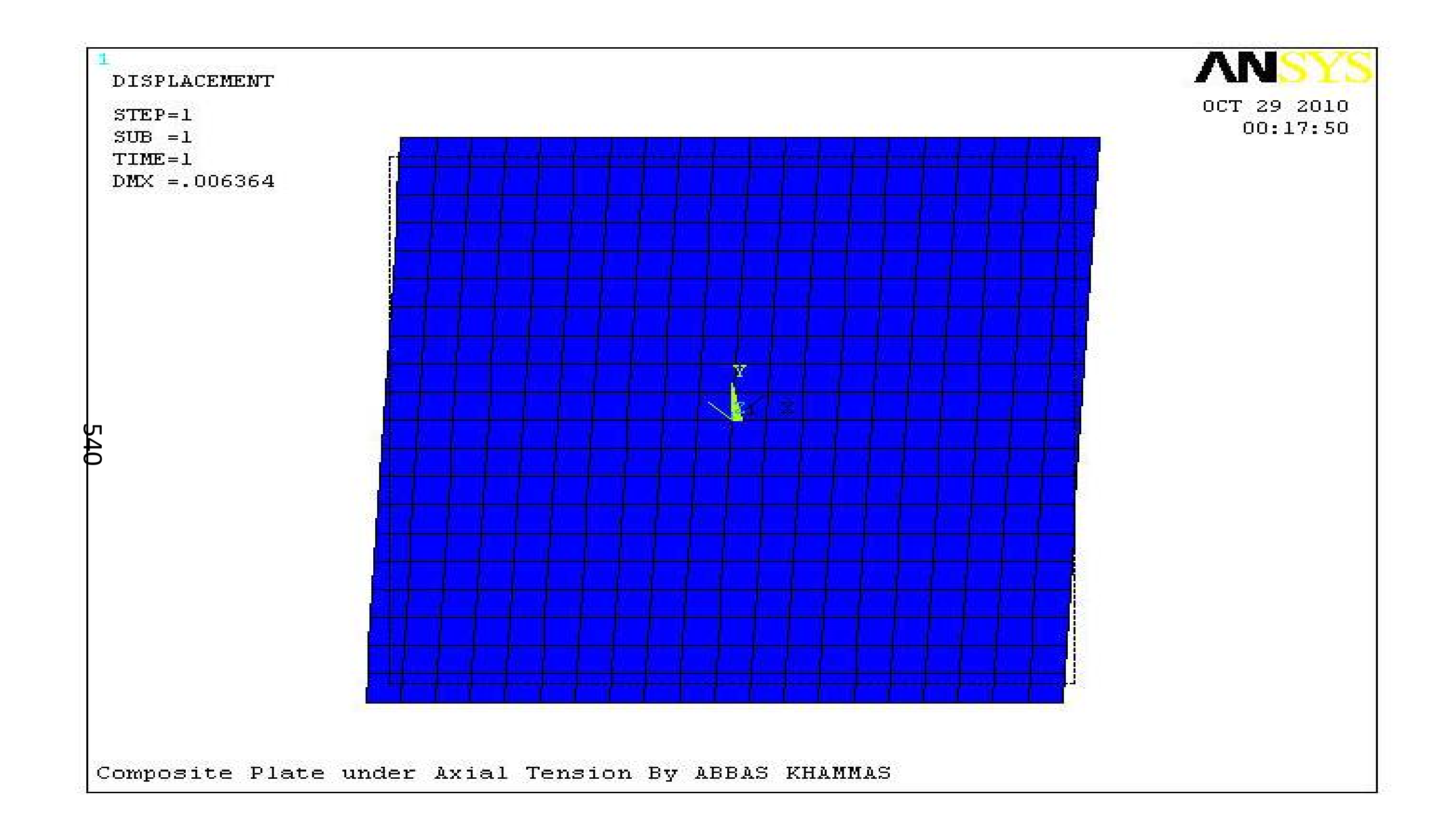
Main Menu>Postporoc>Plot Results>Deformed Shape

يؤدي ذلك الى فتح نافذة , نختار منها الشكل المشوه + الحافة الغير مشوهة Def+Undef Edge ثم ننقر على الزر موافق OK يؤدي هذا بدوره الى الحصول على الشكل المشوه Deformed Shape كما مبين في الشكل (7.17) وقيمة الإزاحة في هذا الشكل هي (DMX=0.006364).

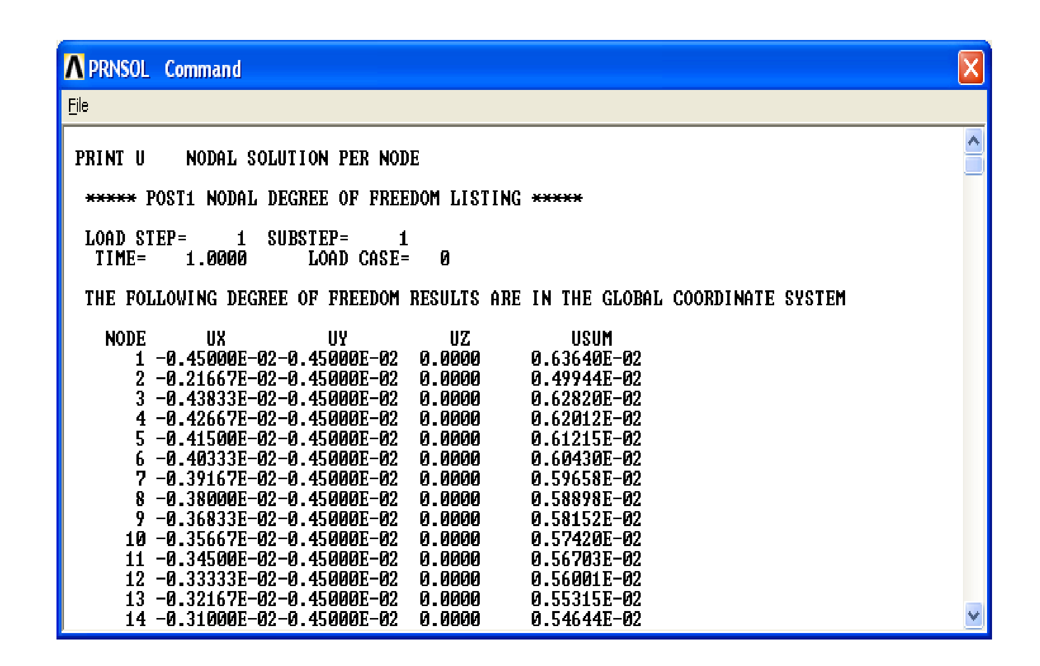
2. إستعراض نتائج الإزاحة بإتجاه المحور- X X-Displacement بالنسبة للعقدة الموجودة في الجزء الأيمن العلوي Top-Right Node (Node22) والإزاحة بإتجاه المحور- Y Y-Displcement بالنسبة للعقدة الموجودة في الجزء الأيسر العلوي Top-Left Node (Node42) بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Postporoc>List Results>Nodal Solution

بعد ظهور النافذة نتيجة هذا المسار نظلل DOF الموجود في القائمة اليسرى و DOF All DOFs في القائمة اليمنى ثم ننقر على الزر موافق OK وهذا يؤدي الى ظهور قائمة النتائج كما مبين في الشكل (7.18).


1
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =1
TIME=1
DMX =.006364
ANSYS
OCT 29 2010
00:17:50
Y
Composite Plate under Axial Tension By ABBAS KHAMMAS

الشكل (7.17)



```
PRINT U    NODAL SOLUTION PER NODE

 ***** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****

 LOAD STEP=     1  SUBSTEP=     1
  TIME=    1.0000      LOAD CASE=   0

 THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM

   NODE       UX          UY          UZ          USUM
      1 -0.45000E-02-0.45000E-02  0.0000      0.63640E-02
      2 -0.21667E-02-0.45000E-02  0.0000      0.49944E-02
      3 -0.43833E-02-0.45000E-02  0.0000      0.62820E-02
      4 -0.42667E-02-0.45000E-02  0.0000      0.62012E-02
      5 -0.41500E-02-0.45000E-02  0.0000      0.61215E-02
      6 -0.40333E-02-0.45000E-02  0.0000      0.60430E-02
      7 -0.39167E-02-0.45000E-02  0.0000      0.59658E-02
      8 -0.38000E-02-0.45000E-02  0.0000      0.58898E-02
      9 -0.36833E-02-0.45000E-02  0.0000      0.58152E-02
     10 -0.35667E-02-0.45000E-02  0.0000      0.57420E-02
     11 -0.34500E-02-0.45000E-02  0.0000      0.56703E-02
     12 -0.33333E-02-0.45000E-02  0.0000      0.56001E-02
     13 -0.32167E-02-0.45000E-02  0.0000      0.55315E-02
     14 -0.31000E-02-0.45000E-02  0.0000      0.54644E-02
```

الشكل (7.18)

إن الإزاحة بإتجاه المحور- X X-Displacement بالنسبة للعقدة الموجودة في الجزء الأيمن العلوي (Top-Right Node (Node22 هي (0.45E-2) كما مبين في الشكل (7.19) والإزاحة بإتجاه المحور- Y -Y Displcement بالنسبة للعقدة الموجودة في الجزء الأيسر العلوي -Top Left Node (Node42) هي (0.45E-2) كما مبين في الشكل (7.20).

إن النتائج في برنامج Ansys يمكن إدراجها وإظهارها بإستخدام أنظمة

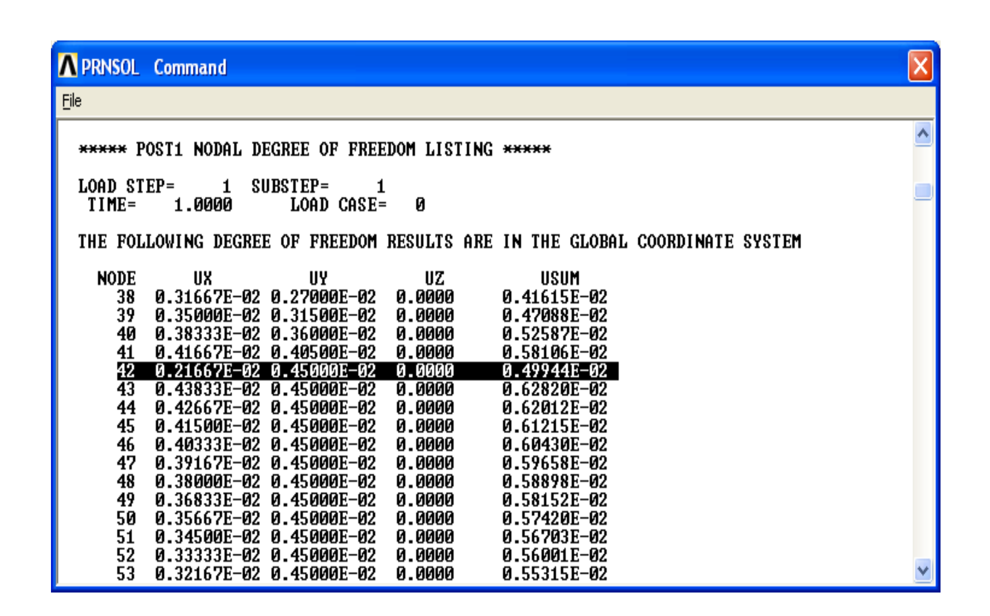
الإحداثيات المختلف. ففي الحالة الإفتراضية , يتم الحصول على النتائج بالنسبة لنظام الإحداثيات الذي تم محاذاته مع نظام الإحداثيات الديكارتي العام.

PRNSOL Command

File

```
  2 -0.21667E-02-0.45000E-02  0.0000      0.49944E-02
  3 -0.43833E-02-0.45000E-02  0.0000      0.62820E-02
  4 -0.42667E-02-0.45000E-02  0.0000      0.62012E-02
  5 -0.41500E-02-0.45000E-02  0.0000      0.61215E-02
  6 -0.40333E-02-0.45000E-02  0.0000      0.60430E-02
  7 -0.39167E-02-0.45000E-02  0.0000      0.59658E-02
  8 -0.38000E-02-0.45000E-02  0.0000      0.58898E-02
  9 -0.36833E-02-0.45000E-02  0.0000      0.58152E-02
 10 -0.35667E-02-0.45000E-02  0.0000      0.57420E-02
 11 -0.34500E-02-0.45000E-02  0.0000      0.56703E-02
 12 -0.33333E-02-0.45000E-02  0.0000      0.56001E-02
 13 -0.32167E-02-0.45000E-02  0.0000      0.55315E-02
 14 -0.31000E-02-0.45000E-02  0.0000      0.54644E-02
 15 -0.29833E-02-0.45000E-02  0.0000      0.53991E-02
 16 -0.28667E-02-0.45000E-02  0.0000      0.53355E-02
 17 -0.27500E-02-0.45000E-02  0.0000      0.52738E-02
 18 -0.26333E-02-0.45000E-02  0.0000      0.52139E-02
 19 -0.25167E-02-0.45000E-02  0.0000      0.51559E-02
 20 -0.24000E-02-0.45000E-02  0.0000      0.51000E-02
 21 -0.22833E-02-0.45000E-02  0.0000      0.50461E-02
 22  0.45000E-02 0.45000E-02  0.0000      0.63640E-02
 23 -0.18333E-02-0.40500E-02  0.0000      0.44456E-02
 24 -0.15000E-02-0.36000E-02  0.0000      0.39000E-02
 25 -0.11667E-02-0.31500E-02  0.0000      0.33591E-02
 26 -0.83333E-03-0.27000E-02  0.0000      0.28257E-02
```

الشكل (7.19)



PRNSOL Command

File

***** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****

LOAD STEP= 1 SUBSTEP= 1
TIME= 1.0000 LOAD CASE= 0

THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN THE GLOBAL COORDINATE SYSTEM

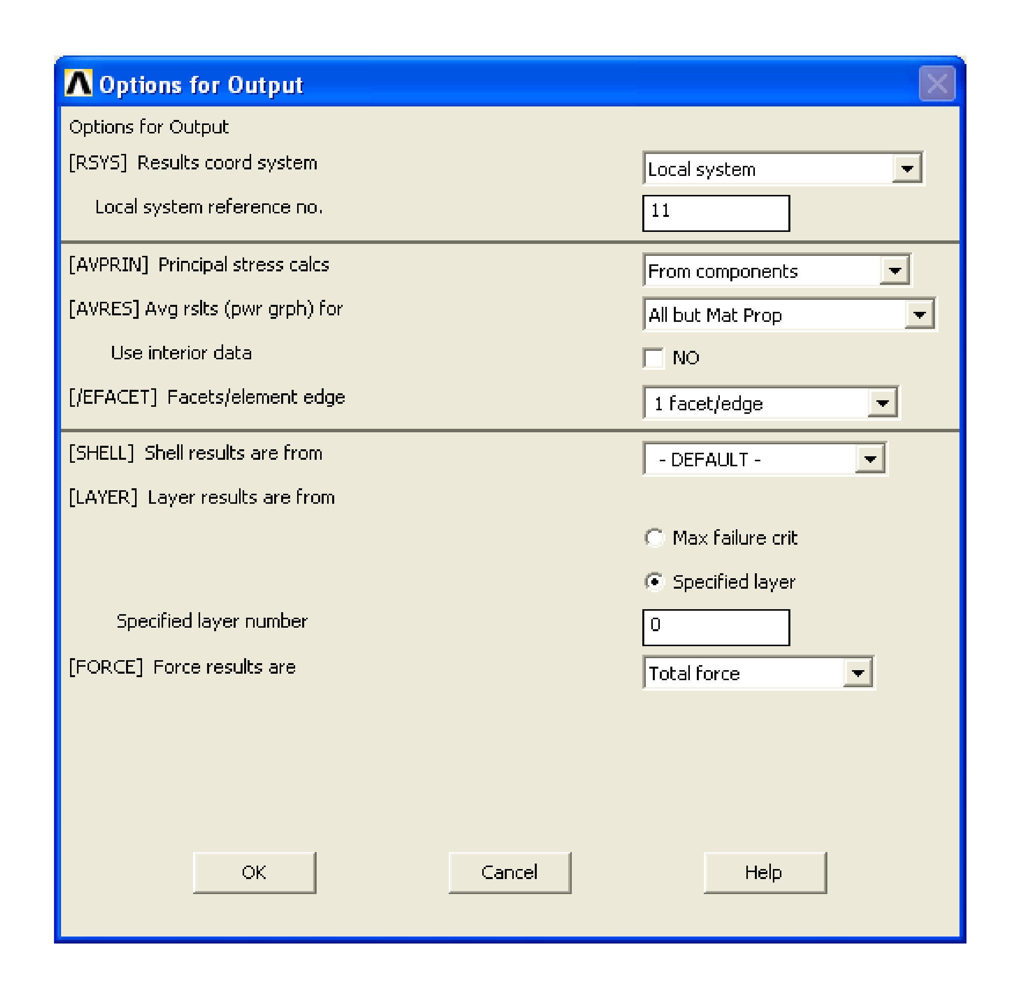
NODE	UX	UY	UZ	USUM
38	0.31667E-02	0.27000E-02	0.0000	0.41615E-02
39	0.35000E-02	0.31500E-02	0.0000	0.47088E-02
40	0.38333E-02	0.36000E-02	0.0000	0.52587E-02
41	0.41667E-02	0.40500E-02	0.0000	0.58106E-02
42	0.21667E-02	0.45000E-02	0.0000	0.49944E-02
43	0.43833E-02	0.45000E-02	0.0000	0.62820E-02
44	0.42667E-02	0.45000E-02	0.0000	0.62012E-02
45	0.41500E-02	0.45000E-02	0.0000	0.61215E-02
46	0.40333E-02	0.45000E-02	0.0000	0.60430E-02
47	0.39167E-02	0.45000E-02	0.0000	0.59658E-02
48	0.38000E-02	0.45000E-02	0.0000	0.58898E-02
49	0.36833E-02	0.45000E-02	0.0000	0.58152E-02
50	0.35667E-02	0.45000E-02	0.0000	0.57420E-02
51	0.34500E-02	0.45000E-02	0.0000	0.56703E-02
52	0.33333E-02	0.45000E-02	0.0000	0.56001E-02
53	0.32167E-02	0.45000E-02	0.0000	0.55315E-02

الشكل (7.20)

أما نتائج نظام الإحداثيات الذي تم محاذاته مع نظام الإحداثيات الموضعي (11) Local Coordinate System 11 فيمكن الحصول عليها من مسار القائمة التالي:

Main Menu>Postporoc>Options for Outp

يؤدي هذا المسار بدوره الى فتح صندوق حوار خيارات المخرجات Options for Output Dialog Box كما مبين في الشكل (7.21).



الشكل (7.21)

بعد ظهور هذا الصندوق يتم إجراء مايلي:

a) نختار Local System من القائمة المنسدلة نحو الأسفل.

b) نقوم بإدخال (11) في مجال النص Local System Reference .No.

c) ننقر على الزر موافق OK.

الآن, نقوم بإستعراض نتائج الإزاحات العقدية Nodal Displacement بإستخدام مسار القائمة التالي:

Main Menu>Postporoc>List Results>Nodal Solution

بعد عملية تحويل النتائج من نظام الإحداثيات العام Global الى نظام الإحداثيات الموضعي Local: فإن قيم الإزاحة تكون كالآتي:

1) الإزاحة بإتجاه المحور- X X-Displacement بالنسبة للعقدة الموجودة في الجزء الأيمن العلوي Top-Right Node (Node22) هي (0.6364E-2) كما مبين في الشكل (7.22).

2) الإزاحة بإتجاه المحور- Y Y-Displacement بالنسبة للعقدة الموجودة في الجزء الأيسر العلوي Top-Left Node (Node42) هي (0.16499E-2) كما مبين في الشكل (7.23).

إن قيم الإزاحة الناتجة من الحل التحليلي Analytical Solution هي:

1) بإتجاه المحور-X (0.6364E-2).

2) بإتجاه المحور-Y (0.16495E-2).

أي أن قيم الخطأ يمكن إهمالها.

PRNSOL Command

File

```
    1 -0.63640E-02 0.60141E-11  0.0000     0.63640E-02
    2 -0.47140E-02-0.16499E-02  0.0000     0.49944E-02
    3 -0.62815E-02-0.82496E-04  0.0000     0.62820E-02
    4 -0.61990E-02-0.16499E-03  0.0000     0.62012E-02
    5 -0.61165E-02-0.24749E-03  0.0000     0.61215E-02
    6 -0.60340E-02-0.32998E-03  0.0000     0.60430E-02
    7 -0.59515E-02-0.41248E-03  0.0000     0.59658E-02
    8 -0.58690E-02-0.49497E-03  0.0000     0.58898E-02
    9 -0.57865E-02-0.57747E-03  0.0000     0.58152E-02
   10 -0.57040E-02-0.65997E-03  0.0000     0.57420E-02
   11 -0.56215E-02-0.74246E-03  0.0000     0.56703E-02
   12 -0.55390E-02-0.82496E-03  0.0000     0.56001E-02
   13 -0.54565E-02-0.90745E-03  0.0000     0.55315E-02
   14 -0.53740E-02-0.98995E-03  0.0000     0.54644E-02
   15 -0.52915E-02-0.10724E-02  0.0000     0.53991E-02
   16 -0.52090E-02-0.11549E-02  0.0000     0.53355E-02
   17 -0.51265E-02-0.12374E-02  0.0000     0.52738E-02
   18 -0.50440E-02-0.13199E-02  0.0000     0.52139E-02
   19 -0.49615E-02-0.14024E-02  0.0000     0.51559E-02
   20 -0.48790E-02-0.14849E-02  0.0000     0.51000E-02
   21 -0.47965E-02-0.15674E-02  0.0000     0.50461E-02
   22  0.63640E-02 0.42261E-11  0.0000     0.63640E-02
   23 -0.41601E-02-0.15674E-02  0.0000     0.44456E-02
   24 -0.36062E-02-0.14849E-02  0.0000     0.39000E-02
   25 -0.30523E-02-0.14024E-02  0.0000     0.33591E-02
```

الشكل (7.22)

PRNSOL Command

File

```
 ***** POST1 NODAL DEGREE OF FREEDOM LISTING *****

 LOAD STEP=     1  SUBSTEP=     1
  TIME=    1.0000      LOAD CASE=   0

 THE FOLLOWING DEGREE OF FREEDOM RESULTS ARE IN COORDINATE SYSTEM  11

   NODE       UX          UY          UZ          USUM
     38  0.41484E-02-0.32998E-03  0.0000     0.41615E-02
     39  0.47023E-02-0.24749E-03  0.0000     0.47088E-02
     40  0.52562E-02-0.16499E-03  0.0000     0.52587E-02
     41  0.58101E-02-0.82496E-04  0.0000     0.58106E-02
     42  0.47140E-02 0.16499E-02  0.0000     0.49944E-02
     43  0.62815E-02 0.82496E-04  0.0000     0.62820E-02
     44  0.61990E-02 0.16499E-03  0.0000     0.62012E-02
     45  0.61165E-02 0.24749E-03  0.0000     0.61215E-02
     46  0.60340E-02 0.32998E-03  0.0000     0.60430E-02
     47  0.59515E-02 0.41248E-03  0.0000     0.59658E-02
     48  0.58690E-02 0.49497E-03  0.0000     0.58898E-02
     49  0.57865E-02 0.57747E-03  0.0000     0.58152E-02
     50  0.57040E-02 0.65997E-03  0.0000     0.57420E-02
     51  0.56215E-02 0.74246E-03  0.0000     0.56703E-02
     52  0.55390E-02 0.82496E-03  0.0000     0.56001E-02
     53  0.54565E-02 0.90745E-03  0.0000     0.55315E-02
```

الشكل (7.23)

الفصل الثامن

استخدام الأوامر في برنامج ANSYS

USE OF COMMANDS IN ANSYS

8.1 مقدمة Introduction

إن الفروق الأساسية مابين نمط واجهة المستخدم الرسومية
Graphical User Interface (GUI) و النمط الدفعاتي Batch Mode
(نمط إستخدام الأوامر) قد تم التطرق إليها بشكل موجز في الفصل الأول .
أضف الى لك, أن أغلب العمليات الموجودة في المعالج السابق
Preprocessor , معالج الحل Solution Processor و المعالج اللاحق
Postprocessor قد تم التطرق إليها بشيء من التفصيل في الفصول
السابقة , بإستخدام نمط واجهة المستخدم الرسومية (GUI) , أما هذا الفصل
فقد تم تخصيصه للنمط الدفعاتي Batch Mode و هو الإسلوب المفضل
من قبل محترفي برنامج Ansys .

كما ذكرنا في الفصل الأول , فإن كل خطوة يقوم بها المستخدم في
برنامج Ansys بإستخدام نمط واجهة المستخدم الرسومية (GUI) لها أمر
مكافئ Equivalent Ansys Command من النمط الدفعاتي الذي
يتضمن إستخدام ملفات آسكي النصية ASCII Text Files . و إستخدام هذه
الأوامر يشير الى إستخدام لغة البرمجة الخاصة ببرنامج Ansys التي
تسمى لغة التصميم البارامترية لبرنامج Ansys أي Ansys Parametric
Design Language (APDL) . حيث تتميز هذه اللغة بوجود مفاهيم و
تراكيب برمجية مشابهة لتلك المفاهيم و التراكيب المستخدمة في لغات
البرمجة العلمية Scientific Programming Languages مثل لغة
بيسك BASIC و لغة فورتران FORTRAN ...الخ . و تمكّن لغة (APDL)

المستخدم من إنشاء ملف إدخال Input File لحل المسألة المعينة حيث ان كل سطر Line في هذا الملف يتكون من أمر واحد Single Command و يتم تنفيذ هذه السطور بشكل تسلسلي Sequential .

وفي هذا الفصل سوف نتطرق الى:

1. الأوامر الأساسية في برنامج Basic Commands in Ansys Ansys
2. المعاملات Operators و الدوال Functions .
3. تطبيقات هندسية يتم حلها بإستخدام النمط الدفعاتي Batch Mode .

8.2 الأوامر الأساسية في برنامج Basic Commands in Ansys Ansys

يوجد في برنامج Ansys حوالي (1500) أمر برمجي ولكل أمر تركيبه النحوي و البرمجي (Syntax) الخاص و كذلك الوظيفة Function الخاصة به . وربما يكون من المستحيل أن يتعلم المستخدم جميع هذه الأوامر , إلا أن هذه العقبة يمكن تجاوزها بواسطة الرجوع الى نظام المساعدة في برنامج Ansys Ansys Help System الذي تم التطرق إليه في الفصل الأول . وعلى أية حال, فإن حل المسألة النموذجية يتطلب في أغلب الأحيان إستخدام عدد محدود جداً من الأوامر الشائعة الإستخدام . و هذه الأوامر مبينة في الجداول التالية:

1. أوامر الجلسة و قواعد البيانات (الجدول 8.1) Session and Database Commands .

2. أوامر لغة التصميم البارامترية (الجدول 8.2) APDL Commands .

3. أوامر توليد النموذج الصلب بإستخدام المعالجة السابقة (الجدول 8.3) Preprocessor Solid Model Generation Commands .

4. أوامر تشبيك النموذج بإستخدام المعالجة السابقة (الجدول 8.4) Preprocessor Meshing Commands .

5. أوامر معالج الحل (الجدول 8.5) Solution Processor .

6. أوامر المعالجة اللاحقة العامة (الجدول 8.6) General Postprocessor Commands .

الجدول 8.1 أوامر الجلسة وقواعد البيانات

Session and Database Commands

Description الوصف	Command الأمر
Clear database (and memory)	**/CLEAR**
Enter the Preprocessor	**/PREP7**
Enter the Solution	**/SOLU**
Enter the General Postprocessor	**/POST1**
Enter the Time History Postprocessor	**/POST26**

Description الوصف	Command الأمر
Exit the current processor , go to Begin Level	FIISH
Marks the end of file (stop reading)	/EOF
Specify jobname	/FILNAME
Display help pages related to the command	HELP
Save the database	SAVE
Resume from an existing database	RESUME
Select keypoints,lines,areas, volumes	KSEL,LSEL,ASEL,VSEL
Select Nodes, elements, component	NSEL,ESEL,CMSEL
Select all entities	ALLSEL
Define local coordinate system	CLOCAL, LOCAL
Switch between coordinate system	CSYS
Start Comment, Ansys Ignores the characters to the right of (!)	!

الجدول 8.2

أوامر لغة التصميم البارامترية APDL Commands

Description الوصف	Command الأمر
Switch between degrees and radians to be used for angles	***AFUN**
Store model or result information into parameters	***GET**
Write formatted output to external files	***VWRITE**
Beginning and ending of do loops	***DO, *ENDDO**
Commands related to IF-THEN-ELSE blocks	***IF, *ELSE, ELSEIF, ENDIF**
Define parameters	***SET**

الجدول 8.3

أوامر توليد النموذج الصلب بإستخدام المعالجة السابقة

Preprocessor Solid Model Generation Commands

Description الوصف	Command الأمر
Create rectangle area or prism volume	**BLC4**
Create circular area or cylindrical volume	**CYL4**

Description الوصف	Command الأمر
Create keypoints, lines, areas, and volumes	**K,L,A,AL,V,VA**
Create circular arc	**LARC**
Create line through spline fit to keypoints	**SPLINE,BSPLIN**
Create an area by dragging a line along a path	**ADRAG**
Create volume by dragging an area along a path	**VRAG**
Create a volume by extruding an area	**VEXT**
Add areas and volumes	**AADD, VADD**
Glue lines, areas, volumes	**LGLUE, AGLUE, VGLUE**
Overlap lines, areas, volumes	**LOVLAP,AOVLAP,VOVLAP**
Create Component	**CM**
Delete keypoints, lines, areas, volumes and components	**KDELE,LDELE,ADELE, VDELE, CMDELE**
Plot keypoints, lines, areas, volumes in the Graphics Window	**KPLOT,LPLOT,APLOT, VPLOT**

Description الوصف	Command الأمر
List keypoints, lines, areas, volumes and components	**KLIST, LLIST, ALIST, VLIST, CMLIST**

الجدول 8.4

أوامر تشبيك النموذج بإستخدام المعالجة السابقة

Preprocessor Meshing Commands

Description الوصف	Command الأمر
Specify element type	**ET**
Specify real constants	**R**
Specify material properties	**MP**
Create nodes	**N**
Create elements	**E**
Specify default element type set attribute number	**TYPE**
Specify default real constant set attribute number	**REAL**
Specify default Material property set attribute number	**MAT**
Mesh the lines, areas, and volumes	**LMESH,AMESH,VMESH**

Description الوصف	Command الأمر
Clear the mesh from lines, areas, and volumes(delete the nodes and elements attached to those entities)	**LCLEAR, ACLEAR, VCLEAR**
Specify number of elements or elements size along selected lines	**LESIZE**
Specify whether to use mapped or free meshing	**MSHKEY**
Delete nodes and elements	**NDELE, EDELE**
Plot nodes and elements in the Graphics Window	**NPLOT, EPLOT**
List nodes and elements	**NLIST, ELIST**

الجدول 8.5

Solution Processor أوامر معالج الحل

Description الوصف	Command الأمر
Start solution for the current load step	**SOLVE**
Start solution from multiple load step files	**LSSOLVE**
Specify DOF constraints on nodes	**D**
Specify concentrated load boundary conditions on nodes	**F**
Specify surface (Distributed) loads on nodes, elements, lines, and areas	**SF, SFE, SFL, SFA**
Specify body loads on nodes and elements	**BF, BFE**
Specify uniform thermal load on all nodes	**TUNIF**
Specify initial conditions	**IC**
Read from and write to load step files	**LSREAD, LSWRITE**

الجدول 8.6

أوامر المعالجة اللاحقة العامة

General Postprocessor Commands

Description الوصف	Command الأمر
Specify results file for the results to be read from	**FILE**
Specify load step and substep numbers to be loaded	**SET**
Plot deformed shape	**PLDISP**
Plot contours of nodal solution	**PLNSOL**
Plot contours of element solution	**PLESOL**
List nodal solution items	**PRNSOL**
List element solution items	**PRESOL**

حيث يبين العمود الأول من كل جدول الأمر المعين بينما يشير العمود الثاني الى وظيفة الأمر . و بإستثناء بعض أوامر APDL فإن أغلب الأوامر يمكن إصدارها من خلال سطر الأوامر Command Line الموجود في مجال الإدخال Input Field في واجهة المستخدم الرسومية Ansys GUI . و جدير بالذكر بأن بعض الأوامر تكون صحيحة فقط عندما يكون المستخدم في مستوى البدء Begin Level بخلاف الأوامر الأخرى التي تكون صحيحة عند أي مستوى . إن أغلب أوامر برنامج Ansys يتطلب إستخدام متغيرات Arguments مفصولة بفارزة (فاصلة)

Comma . على سبيل المثال, التركيب النحوي البرمجي Syntax للأمر K-Command (K) المبين في الجدول 8.3 و المستخدم لإنشاء النقاط الأساسية Keypoints هو:

```
K, NPT, X, Y, Z
```

حيث أن:

K =أمر إنشاء النقطة الأساسية Create Keypoint Command.

NPT = رقم النقطة الأساسية Keypoint Number.

X,Y,Z =إحداثيات العقدة Node Coordinates .

هذا و يمكننا الدخول الى صفحة المساعدة Help Page المرتبطة بهذا الأمر من خلال إصدار الأمر التالي:

```
HELP,K
```

حيث يزودنا هذا الأمر بمعلومات مفصلة حول المتغيرات . إن الجداول 7.1-7.6 ماهي الإ مدخل حول الأوامر الشائعة في برنامج Ansys وعليه, يفضل أن يطلع المستخدم على صفحات المساعدة الخاصة بالأمر المعين قبل الشروع في تطبيق هذا الأمر .

8.3 المعاملات و الدوال Operators and Functions

تتضمن لغة التصميم البارامترية لبرنامج Ansys (APDL) العديد من العمليات الرياضية الأساسية و التي يمكن الإستفادة منها من خلال إستخدام المعاملات Operators و الدوال Functions . إن هذه المعاملات و الدوال مبينة في الجداول 8.7 و 8.8 على التوالي .

الجدول 8.7

المعاملات Operators

Description الوصف	المعامل **Operator**
Addition	+
Subtraction	-
Multiplication	*
Division	/
Exponentiation	**
Less-than comparison	<
Greater-than comparison	>
Equal to (Used in defining parameters)	=

الجدول 8.8

Functions الدوال

Description الوصف	Function الدالة
Absolute value of X	**ABS(X)**
Exponential of X	**EXP(X)**
Natural logarithm of X	**LOG(X)**
Base 10 logarithm of X	**LOG10(X)**
Square root of X	**SQRT(X)**
Nearest integer to X	**NINT(X)**
Random number within range X to Y	**RAND(X,Y)**
Sine , cosine, and tangent of X	**SIN(X),COS(X),TAN(X)**
Hyperbolic sine, Hyperbolic cosine, Hyperbolic tangent of X	**SINH(X), COSH(X), TANH(X)**
Inverse sine, Inverse cosine, and Inverse tangent of X	**ASIN(X),ACOS(X),ATAN(X)**

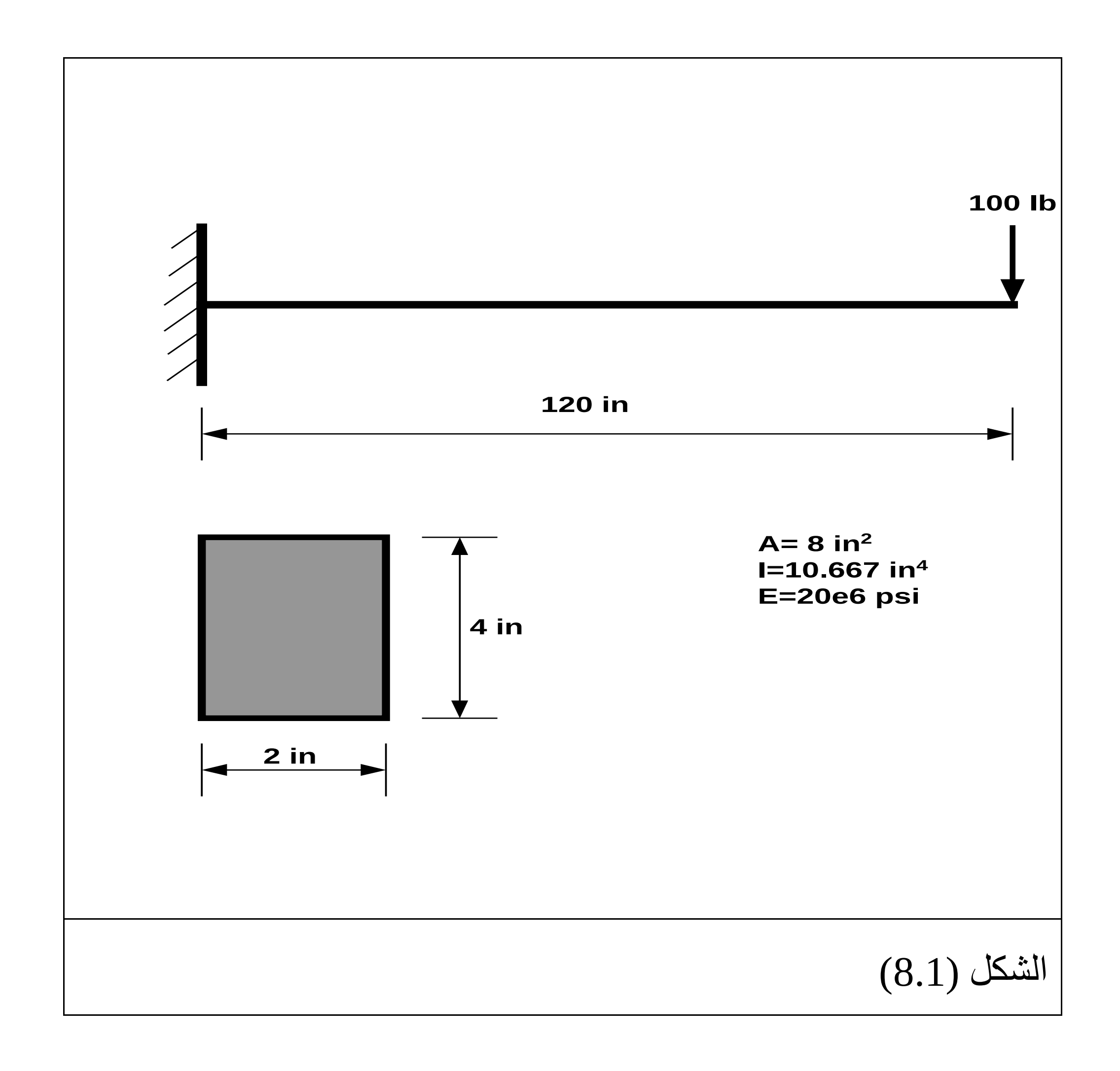
8.4 تطبيقات هندسية Engineering Applications

بالإضافة الى التطبيقات الهندسية التي تم التطرق إليها في الفصول السابقة بإستخدام نمط واجهة المستخدم الرسومية (GUI) لبرنامج Ansys و التي يمكن إيجاد حلولها بإستخدام نمط الأوامر (النمط الدفعاتي) Batch-Mode أي إستخدام مجموعة من الأوامر بدلاً من إستخدام مسارات القوائم , سوف نتطرق في هذا الفصل أيضاً الى بعض التطبيقات الهندسية و التي سوف يتم إيجاد حلولها بإستخدام النمط الدفعاتي و هذه التطبيقات تتضمن:

1. التشوه في العتبة Beam Deflection .
2. تركيز الإجهادات حول ثقب مركزي في صفيحة معرضة الى إجهادات شدية Stress Concentration at a Hole in a Plate Subjected to Tension Stresses .

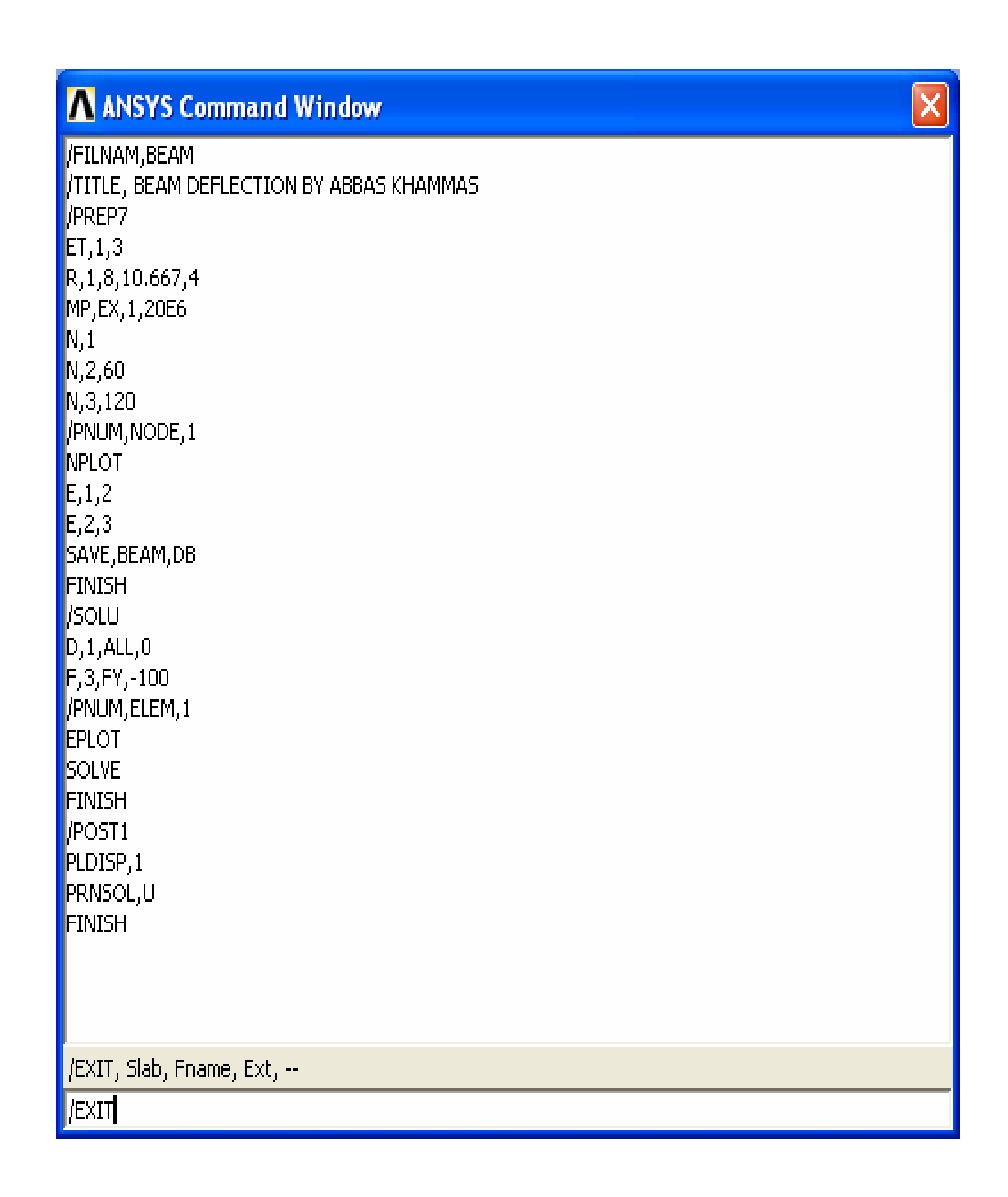
8.4.1 التشوه في العتبة Beam Deflection

الشكل (8.1) يبين عتبة مثبتة من الطرف الأيسر و تخضع الى حمل عمودي من الطرف الأيمن , و الهدف هو إيجاد قيمة التشوه تحت تأثير هذا الحمل .



الشكل (8.1)

يمكننا حل هذه المسألة بسهولة بواسطة النمط الدفعاتي من خلال كتابة مجموعة من الأوامر المطلوبة خلال مرحلة المعالجة السابقة , مرحلة الحل , مرحلة المعالجة اللاحقة و هذه الأوامر مبينة في الشكل (8.2) .


ANSYS Command Window

```
/FILNAM,BEAM
/TITLE, BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS
/PREP7
ET,1,3
R,1,8,10.667,4
MP,EX,1,20E6
N,1
N,2,60
N,3,120
/PNUM,NODE,1
NPLOT
E,1,2
E,2,3
SAVE,BEAM,DB
FINISH
/SOLU
D,1,ALL,0
F,3,FY,-100
/PNUM,ELEM,1
EPLOT
SOLVE
FINISH
/POST1
PLDISP,1
PRNSOL,U
FINISH
```

```
/EXIT, Slab, Fname, Ext, --
/EXIT
```

الشكل (8.2)

إن كل أمر من هذه الأوامر له وظيفته الخاصة به و كمايلي:

1. الأمر FILNAM/ يحث برنامج Ansys على حفظ جميع المعلومات في الملفات التي تبدأ بالكلمة (BEAM) .
2. الأمر TITLE/ يشير الى كتابة عنوان التحليل كما مبين في الشكل (8.3) .
3. الأمر PREP7/ يشير الى الدخول الى مرحلة المعالجة السابقة Preprocessing من التحليل .
4. الأمر ET,1,3 يشير الى تحديد نوع العنصر و هنا تم إستخدام Element Type 3 (Beam Element) .
5. الأمر R,1,8,10.66,4 يشير الى تعريف الشكل الهندسي أي مساحة المقطع العرضي (A) , القصور الذاتي (I) , الإرتفاع (H) .
6. الأمر MP,EX,1,20e6 يشير الى تعريف خاصية المادة Material Property و هنا يشير الى معامل المرونة Modulus of Elasticity (EX) .
7. الأمر N,1 يشير الى تعريف العقدة رقم (1) Node(1) في الموقع (0,0) أي X=0, Y=0 كما مبين في الشكل (8.4) .
8. الأمر N,2,60 يشير الى تعريف العقدة رقم (2) في الموقع (60,0) كما مبين في الشكل (8.5) .

9. الأمر N,3,120 يشير الى تعريف العقدة رقم (3) في الموقع (120,0) كما مبين في الشكل (8.6) .

10. الأمر PNUM,NODE,1/ يشير الى طباعة رقم العقدة عند إستخدام أوامر الرسم .

11. الأمر NPLOT يشير الى رسم العقد .

12. الأمر E,1,2 يشير الى توليد (إنشاء) العنصر رقم (1) Element1 الذي يربط مابين NODE1 و NODE2 كما مبين في الشكل (8.7) .

13. الأمر E,2,3 يشير الى توليد العنصر رقم (2) الذي يربط مابين العقدة NODE2 و NODE3 كما مبين في الشكل (8.8) .

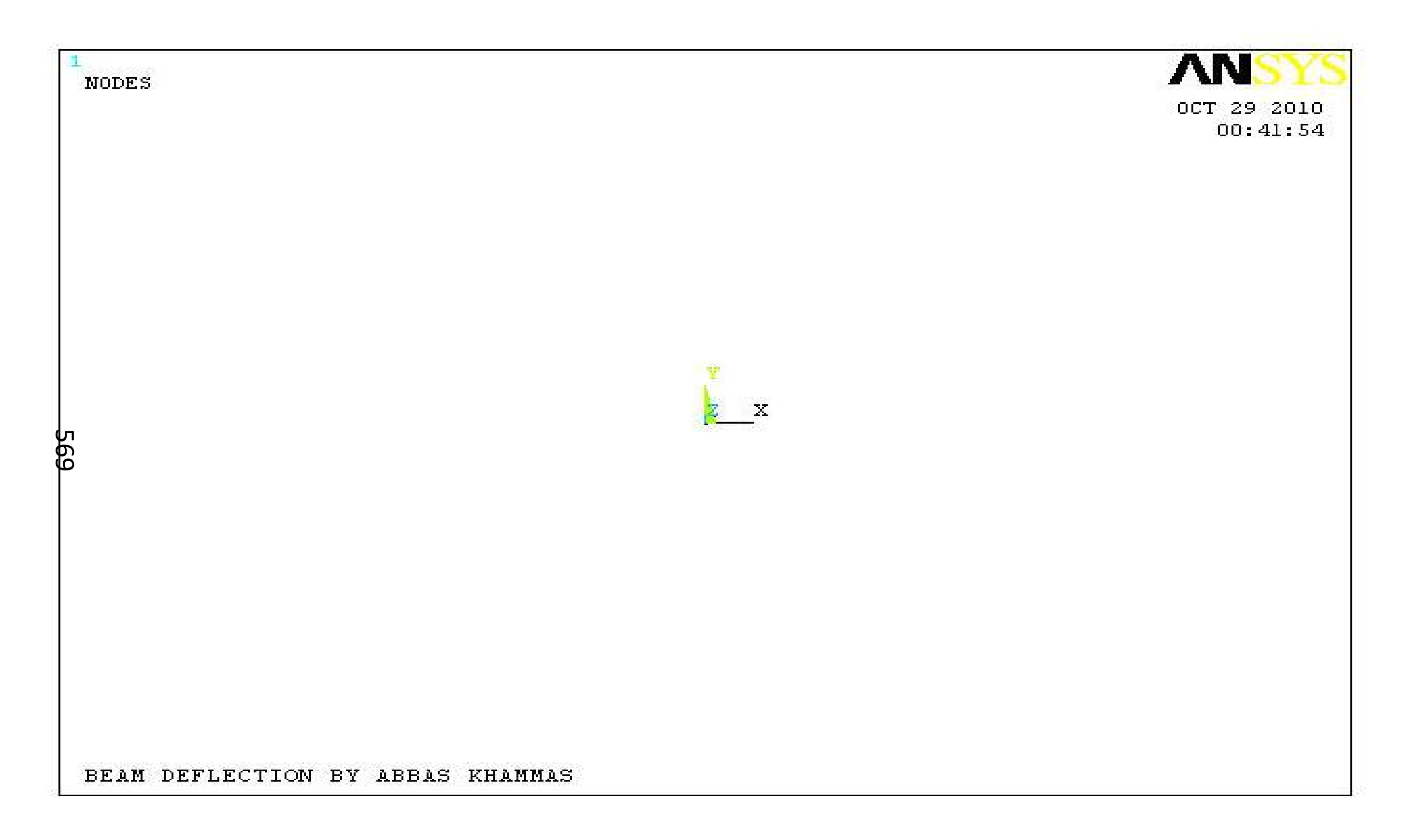
14. الأمر SAVE,BEAM,DB يشير الى حفظ قاعدة بيانات النموذج كما تم إنشاؤها حتى هذه النقطة .

15. الأمر FINISH يشير الى إنهاء مهمة PREP7/ و الذهاب الى مستولى البدء Begin Level .

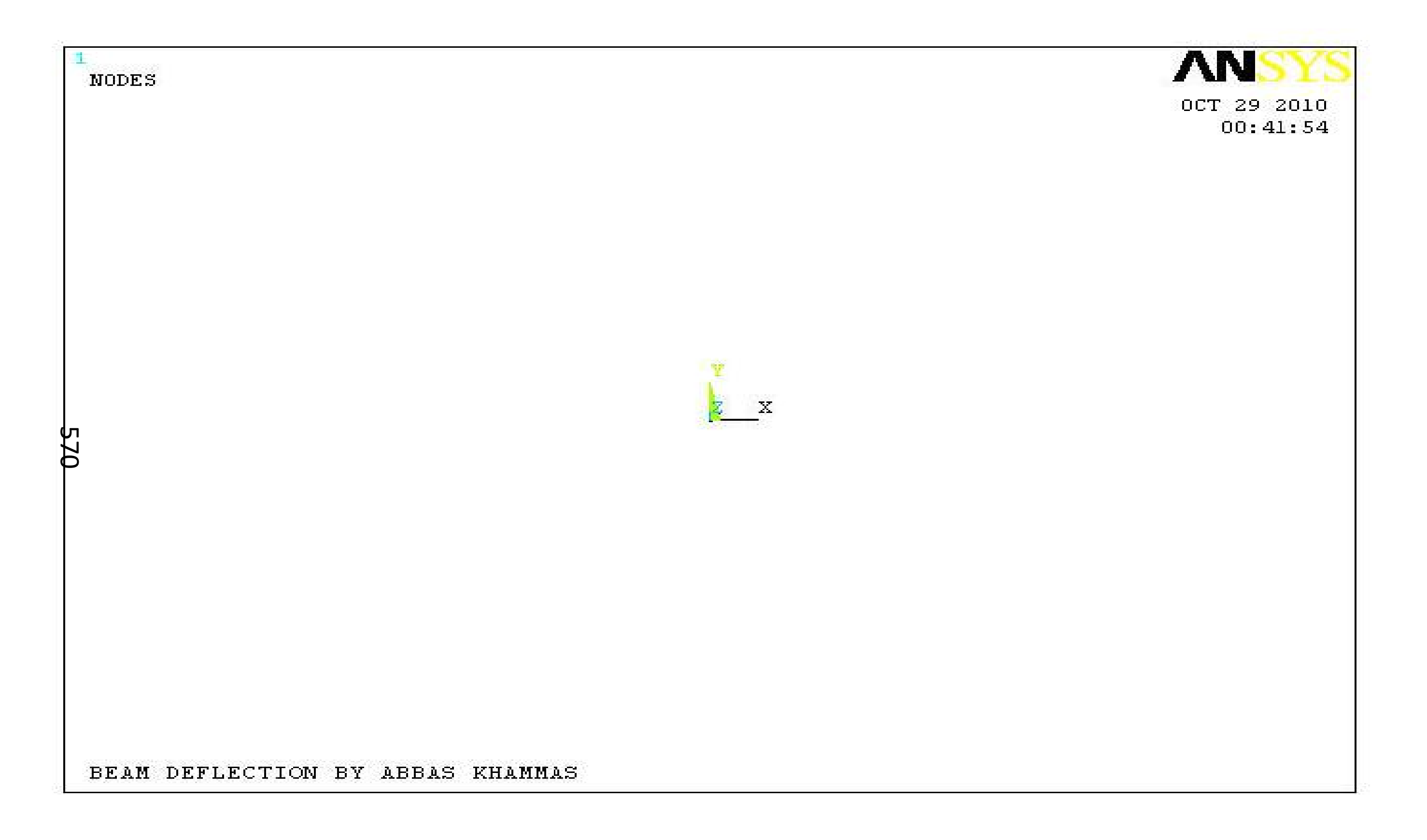
16. الأمر SOLU/ يشير الى البدء بمرحلة الحل Solution من التحليل .

17. الأمر D,1,ALL,0 يشير الى تعريف الإزاحة Displacement للعتبة عند dx=0, dy=0 بالنسبة للعقدة رقم (1) كما مبين في الشكل (8.9) .

18. الأمر D,3,FY,-100 يشير الى تعريف القوة Force عند العقدة رقم (3) في إتجاه المحور – Y كما مبين في الشكل (8.10) .
19. الأمر PNUM,ELEM,1/ يشير الى طباعة رقم العنصر Element Number عند إستخدام أوامر الرسم Plot Commands .
20. الأمر EPLOT يشير الى رسم العناصر كما مبين في الشكل (8.11) .
21. الأمر SOLVE يشير الى حل النموذج Model كما قد تم تعريفه .
22. الأمر FINISH يشير الى الإنتهاء من مرحلة الحل و الذهاب الى مستوى البدء .
23. الأمر POST1/ يشير الى الدخول الى مرحلة المعالجة اللاحقة .
24. الأمر PLDISP,1 يشير الى رسم الإزاحات كما مبين في الشكل (8.12) .
25. الأمر PRNSOL,U يشير الى طباعة قيم الإزاحات في الإتجاهات (UX,UY,UZ) كما مبين في الشكل (8.13).
26. الأمر FINISH يشير الى إنهاء مهمة المعالجة اللاحقة و الذهاب الى مستوى البدء .
27. الأمر EXIT يشير الى الخروج من برنامج Ansys .

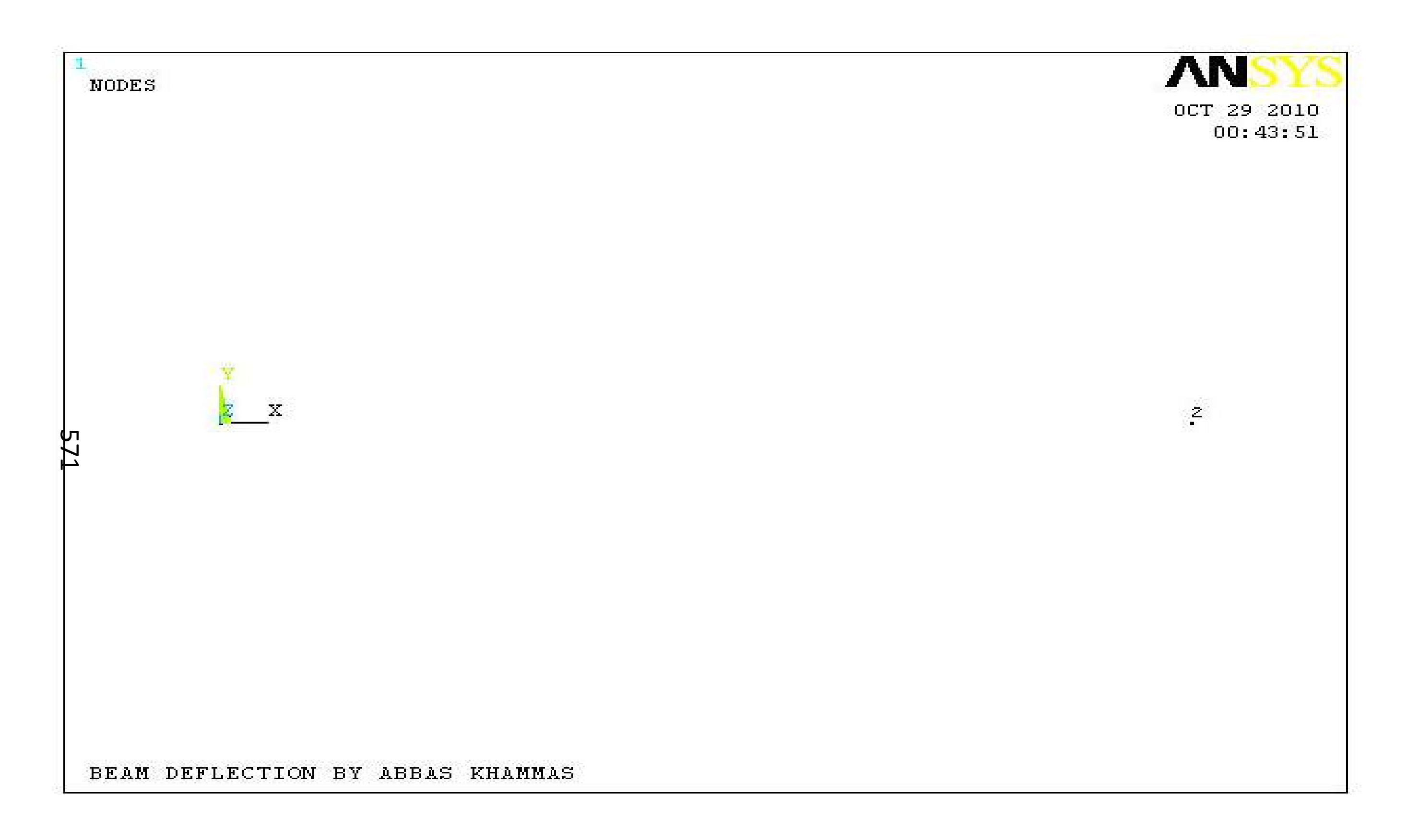

1
NODES
ANSYS
OCT 29 2010
00:41:54
Y
Z
X
BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.3)

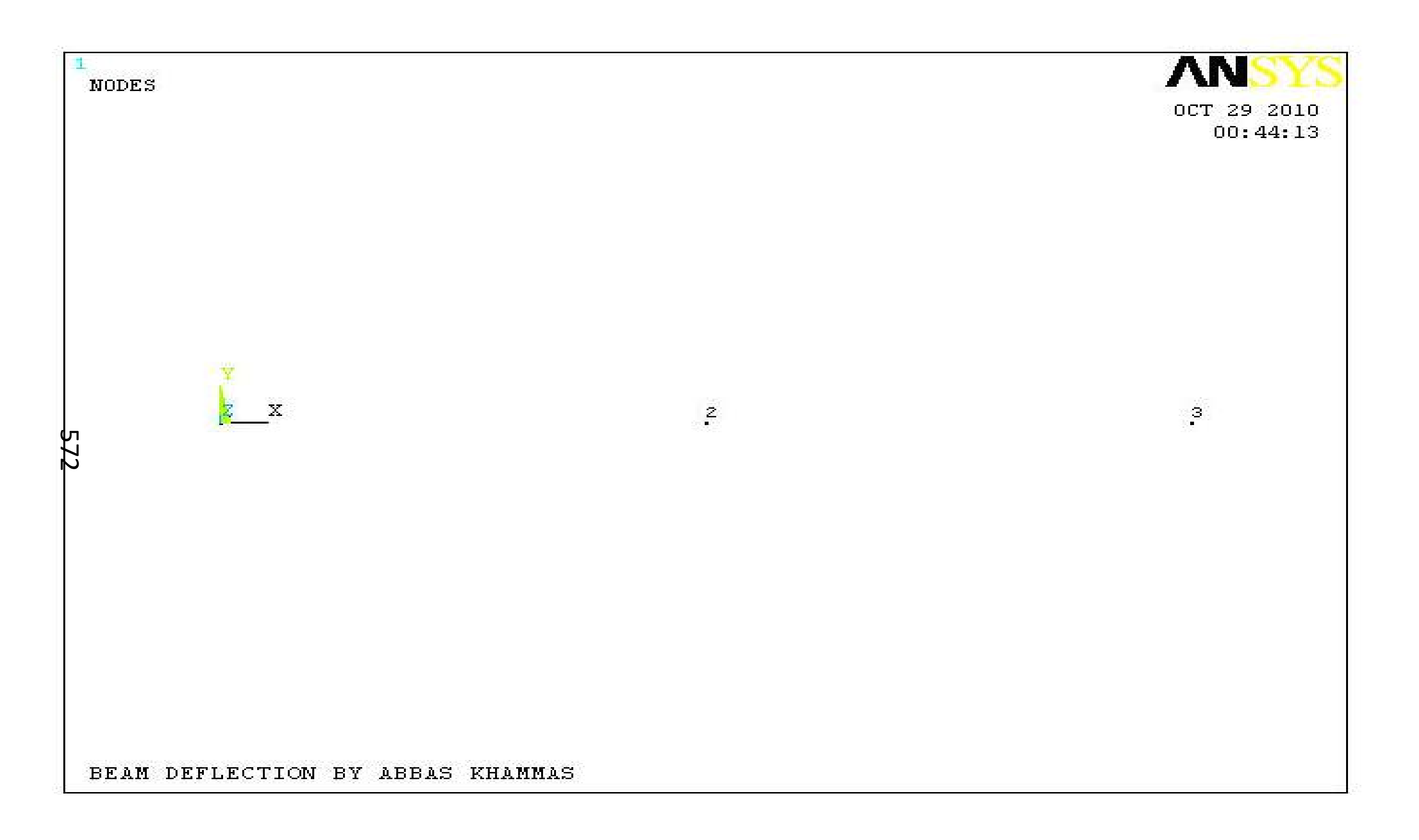


1
NODES
ANSYS
OCT 29 2010
00:41:54
Y
Z
X
BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

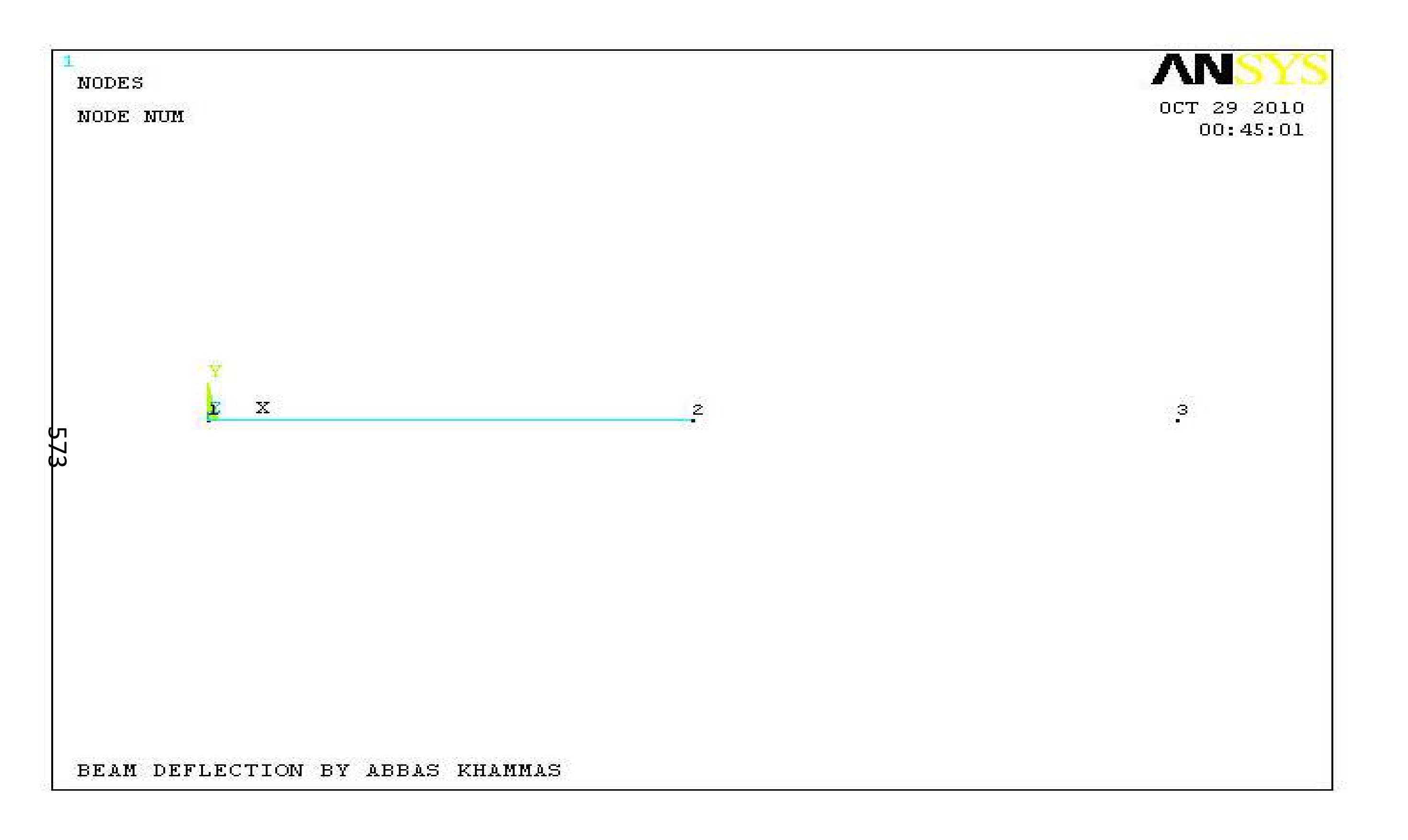
الشكل (8.4)


1
NODES
ANSYS
OCT 29 2010
00:43:51
Y
Z
X
2
BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.5)


1
NODES
ANSYS
OCT 29 2010
00:44:13
Y
Z
X
2
3
BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.6)


1
NODES
NODE NUM
ANSYS
OCT 29 2010
00:45:01
Y
Z
X
1
2
3
BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.7)

1
NODES
NODE NUM

ANSYS
OCT 29 2010
00:45:01

Y
1 X
2
3

BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.8)

1
NODES
NODE NUM

ANSYS
OCT 29 2010
00:45:01

Y
1 X 2 3

BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.9)

1
NODES
NODE NUM
ANSYS
OCT 29 2010
00:45:01
Y
X
1
2
3
BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.10)

1
ELEMENTS
ELEM NUM
U
ROT
F
ANSYS
OCT 29 2010
00:49:02
Y
Z
X
1
2
2
3
BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.11)

1

DISPLACEMENT

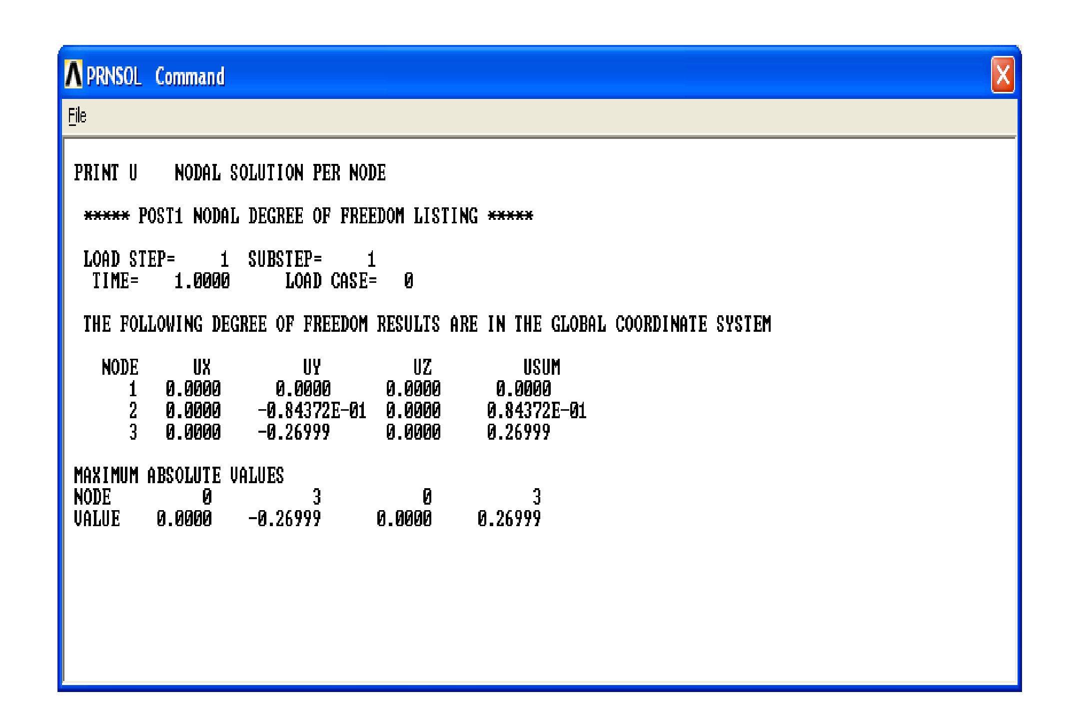
STEP=1
SUB =1
TIME=1
DMX =.269992

ANSYS
OCT 29 2010
00:50:57

Y
Z X
1 2 2 3

BEAM DEFLECTION BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.12)

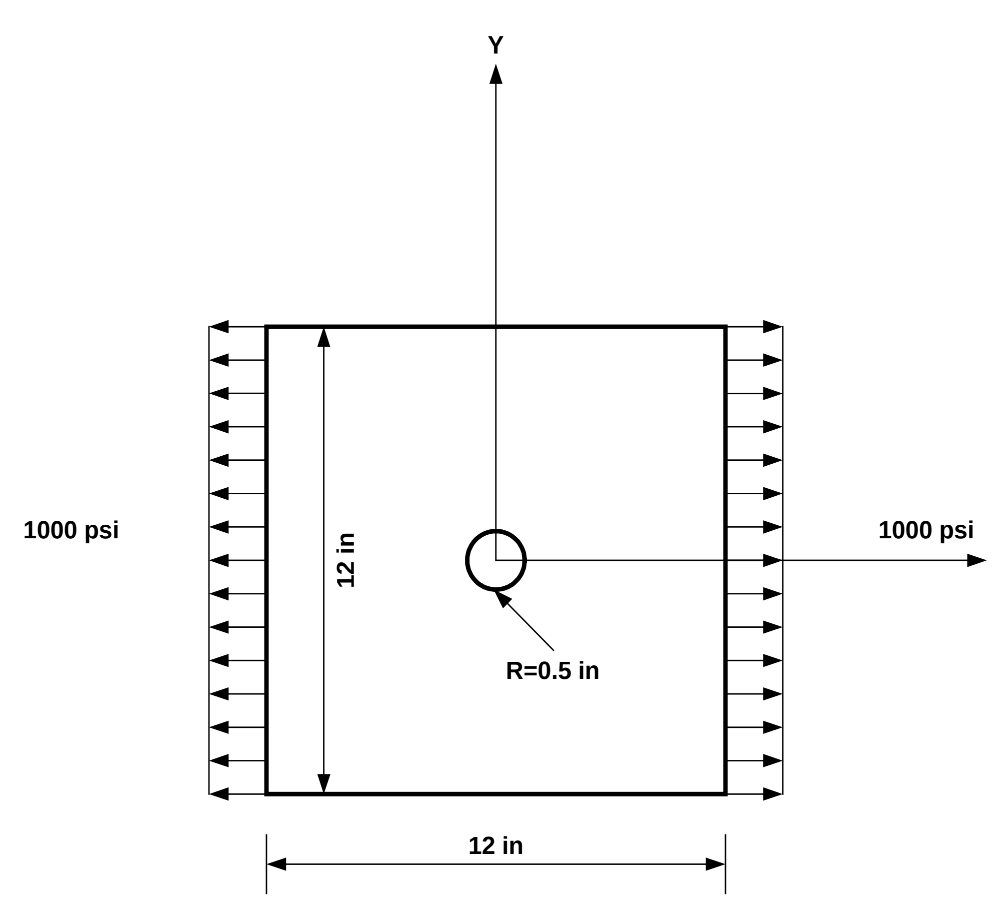


الشكل (8.13)

8.4.2 تركيز الإجهادات حول ثقب مركزي في صفيحة معرضة الى إجهادات شدية

Stress Concentration at a Hole in a Plate Subjected to Tension Stresses

في هذا الطبيق لدينا صفيحة حاوية على ثقب مركزي و تخضع الى تحميل متجانس عند النهايتين كما مبين في الشكل (8.14) . إن الهدف من هذا التطبيق هو الحصول على قيمة الإجهادات القصوى Maximum Stresses التي تتركز حول الثقب بإستخدام برنامج Ansys .


Y
1000 psi
12 in
1000 psi
R=0.5 in
12 in
Properties:Young's Modulus (E)=30e6 psi
Poisson's Ratio=0.3

الشكل (8.14)

وهنا سوف يتم إستخدام Von Misess Stresses للحصول على الرسم الكنتوري Stress Contour Plot . يمكننا حل هذه المسألة بإستخدام برنامج Ansys و بالإعتماد عل النمط الدفعاتي Batch-Mode أي كتابة مجموعة من الأوامر خلال مراحل التحليل الثلاثة (Preprocessing, Solution, & Postprocessing) . و هذه الأوامر مبينة في الشكل (8.15) . وفيما يلي نتطرق الى وظيفة هذه الأوامر:



الشكل (8.15)

1. الأمر FILNAM / يحث برنامج Ansys على حفظ جميع المعلومات في الملفات التي تبدأ بالكلمة PLATE .
2. الأمر TITLE/ يشير الى العنوان الذي سوف يستخدم للإشارة الى التحليل . و هنا إستخدمنا العنوان (STRESS CONCENTERATION AT A HOLE IN A PLATE) كما مبين في الشكل (8.16) .
3. الأمر PREP7/ يشير الى الدخول الى مرحلة المعالجة السابقة Preprocessing في التحليل .
4. الأمر ET,1,82 يشير الى تحديد نوع العنصر المستخدم في التحليل و هنا تم إستخدام (82) Element Type 1 أي 2-D , 8-Node Quadrilateral .
5. الأمر MP, EX, 1, 3e7 يشير الى تعريف خاصية المادة Material Property و هنا قد تم تعريف معامل المرونة في الإتجاه (X) أي EX=3e7 .
6. الأمر RECTING,,6,,6 يشير الى تعريف مستطيل Rectangle بواسطة تحديد نقطتين أساسيتين Keypoints متقابلتين في الزوايا . و في هذه الحالة تم إستخدام الزوايا في الموقع (0,0) و الموقع (6,6) للحصول على المساحة المطلوبة من خلال النقاط الأساسية كما مبين في الأشكال (8.17).

7. الأمر PCIRC, 0.5 يشير الى تعريف دائرة نصف قطرها (0.5) . و في هذه الحالة يكون مركز الدائرة في نقطة الأصل (0,0) كما مبين في الشكل (8.18) .
8. الأمر ASBA, 1,2 يشير الى طرح المساحة (2) (مساحة الدائرة) من المساحة (1) (مساحة المستطيل) للحصول على مساحة جديدة (3) كما مبين في الشكل (8.19) .
9. الأمر KESIZE, ALL, 1.5 يشير الى تحديد طول حافة العنصر Element Edge بمقدار (1.5) قرب جميع النقاط الأساسية .
10. الأمر KESIZE , 5, 0.3 يشير الى تحديد طول حافة العنصر بمقدار (0.3) قرب النقطة الأساسية رقم (5) Keypoint 5 كما مبين في الشكل (8.20) .
11. الأمر KESIZE, 6,0.1 يشير الى تحديد طول حافة العنصر بمقدار (0.1) قرب النقطة الأساسية رقم (6) Keypoint 6 كما مبين في الشكل (8.21) .
12. الأمر AMESH,3 يشير الى تشبيك المساحة الجديد (المساحة 3) Area3 كما مبين في الشكل (8.22) .
13. الأمر SAVE, PLATE,DB يشير الى حفظ قاعدة بيانات النموذج التي تم إنشاؤها حتى هذه النقطة .
14. الأمر SOLU/ يشير الى البدء بمرحلة الحل Solution .
15. الأمر PNUM, KPOI,1/ يحث برنامج Ansys عل إظهار أرقام النقاط الأساسية بالنسبة لجميع أوامر الرسم اللاحقة .
16. الأمر PBC,ALL,,1/ يشير الى رسم الشروط الحدودية Boundary Conditions .

17. الأمر KPLOT يشير الى رسم النقاط الأساسية كما مبين في الشكل (8.23)
18. الأمر DL,10,3,SYMM يشير الى تعريف القيود المتناظرة Symmetry Constraints بواسطة إختيار الخط رقم (10) بالنسبة للمساحة (3) كما مبين في الشكل (8.24) .
19. الأمر DL,9,3,SYMM يشير الى تعريف القيود المتناظرة Symmetry Constraints بواسطة إختيار الخط رقم (9) بالنسبة للمساحة (3) كما مبين في الشكل (8.25) .
20. الأمر SFL, 2,PRES,1000 يشير الى تعريف الحمل السطحي على الخط رقم (2) Line2 بقيمة (1000) كما مبين في الشكل (8.26) .
21. الأمر PSF,PRES,,2/ يشير الى إضافة رموز الضغط Pressure Symbols .
22. الأمر LPLOT يشير الى رسم الخطوط كما مبين في الشكل (8.27) .
23. الأمر SAVE, PLATE, DB يشير الى حفظ قاعدة بيانات النموذج كما تم إنشاؤها حتى هذه النقطة .
24. الأمر POST1/ يشير الى البدء بمرحلة المعالجة اللاحقة Postprocessing من التحليل .
25. الأمر PSF,PRES,,0/ يشير الى إزالة رموز الضغط و منعها من الظهور .
26. الأمر PLDISP,1 يشير الى رسم نتائج التحليل بالنسبة الى النموذج المزاح Displaced Model مع الخط الخارجي الغير

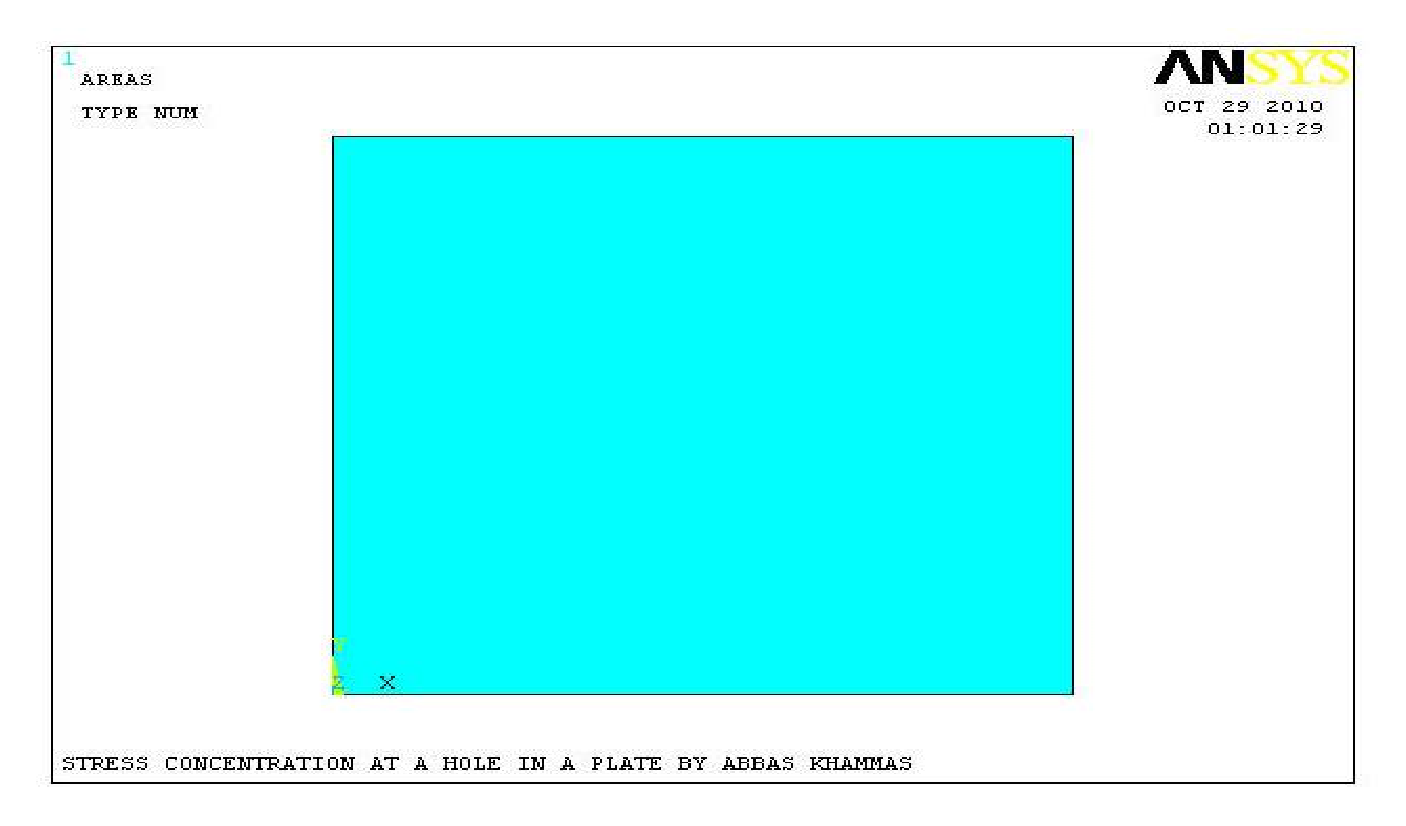
مشوه للنموذج Unreformed Model Outline كما مبين في الشكل (8.28) .

27. الأمر PLNSOL,S,X يشير الى رسم الإجهاد بإتجاه المحور-X (X-Stress) ضمن النموذج كما مبين في الشكل (8.29) .

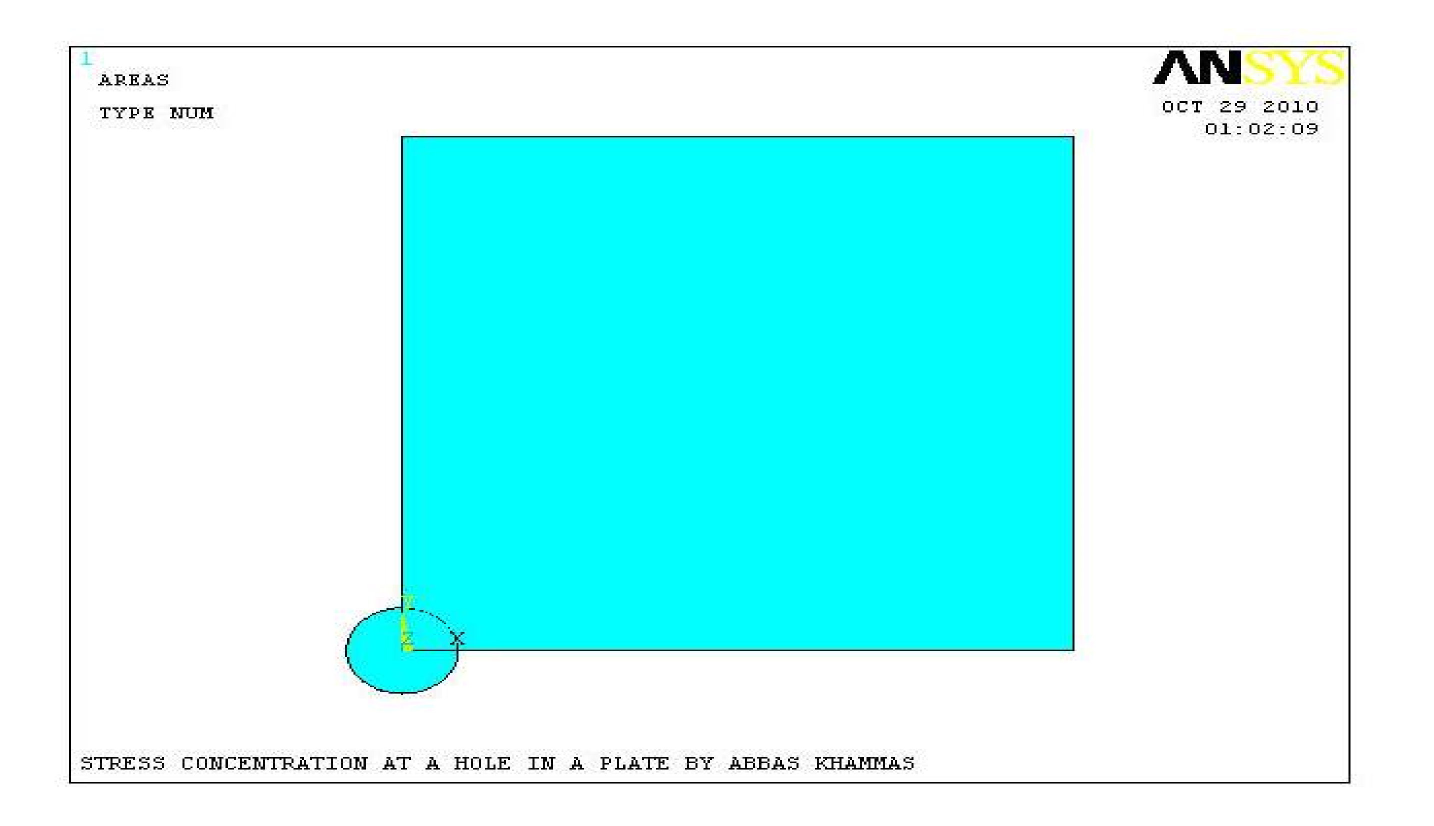
هذا و بإمكاننا رسم العلاقة مابين الإجهاد و المسافة من حافة الثقب عند مسار معين (على سبيل المثال المسار PATH-AA كما مبين في الشكل 8.30) بإستخدام الأساليب التي تعلمناها في الفصول السابقة و بعد تحديد المسار-AA يمكن رسم علاقة الإجهاد مع المسافة من حافة الثقب كما مبين في الشكل (8.31) .


1
NODES
ANSYS
JAN 7 2011
21:08:23
Y
Z
X
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

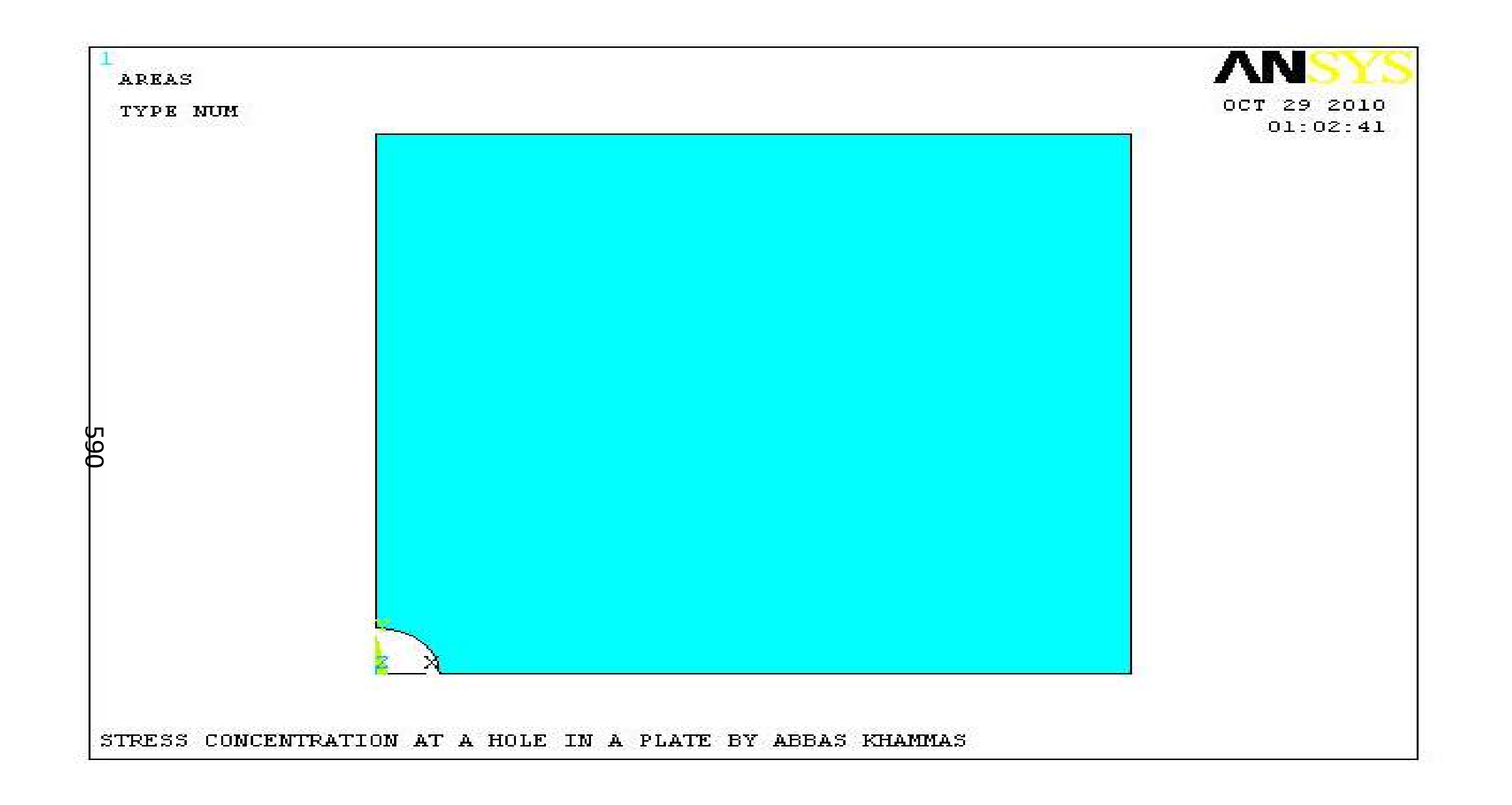
الشكل (8.16)


1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 29 2010
01:01:29
Y
Z X
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

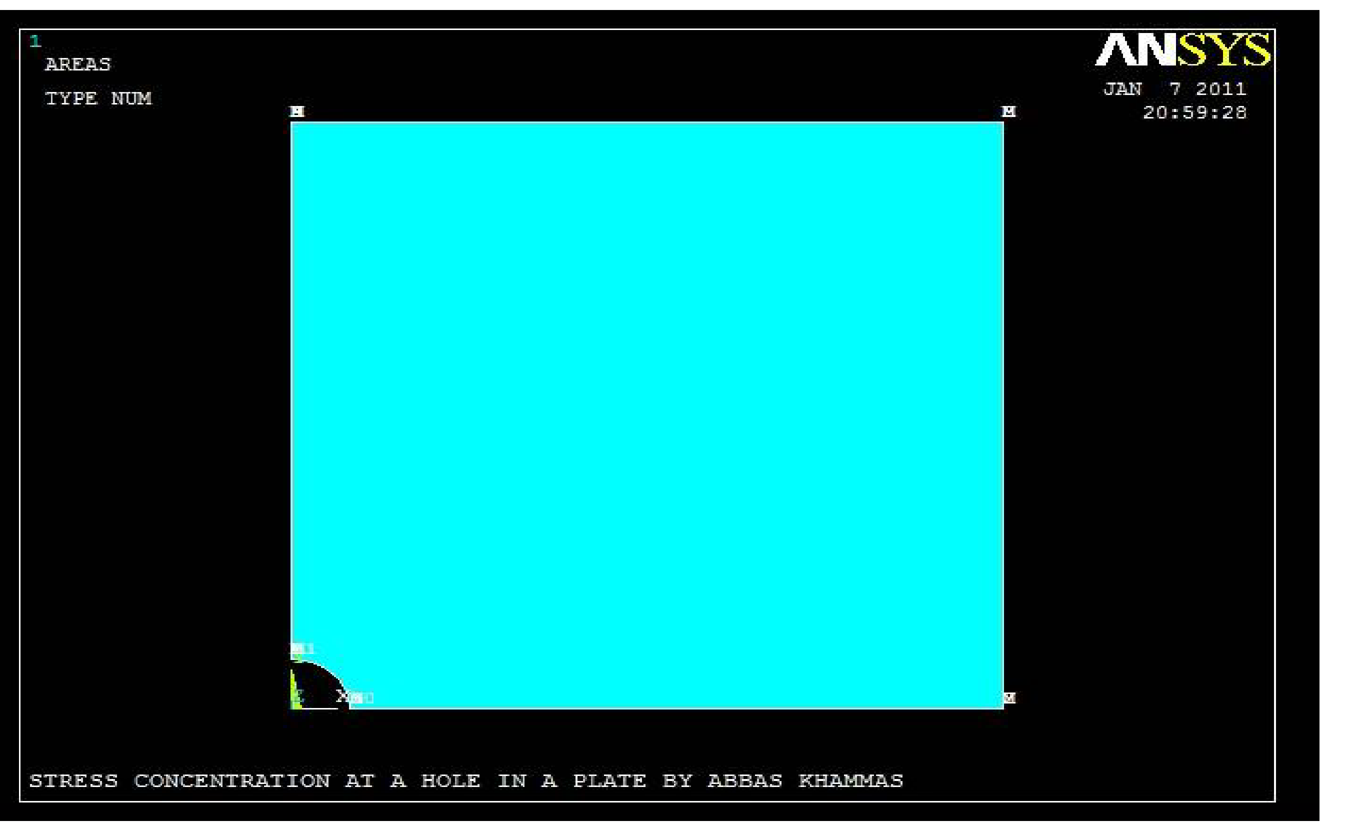
الشكل (8.17)


1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 29 2010
01:02:09
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.18)


1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
OCT 29 2010
01:02:41
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

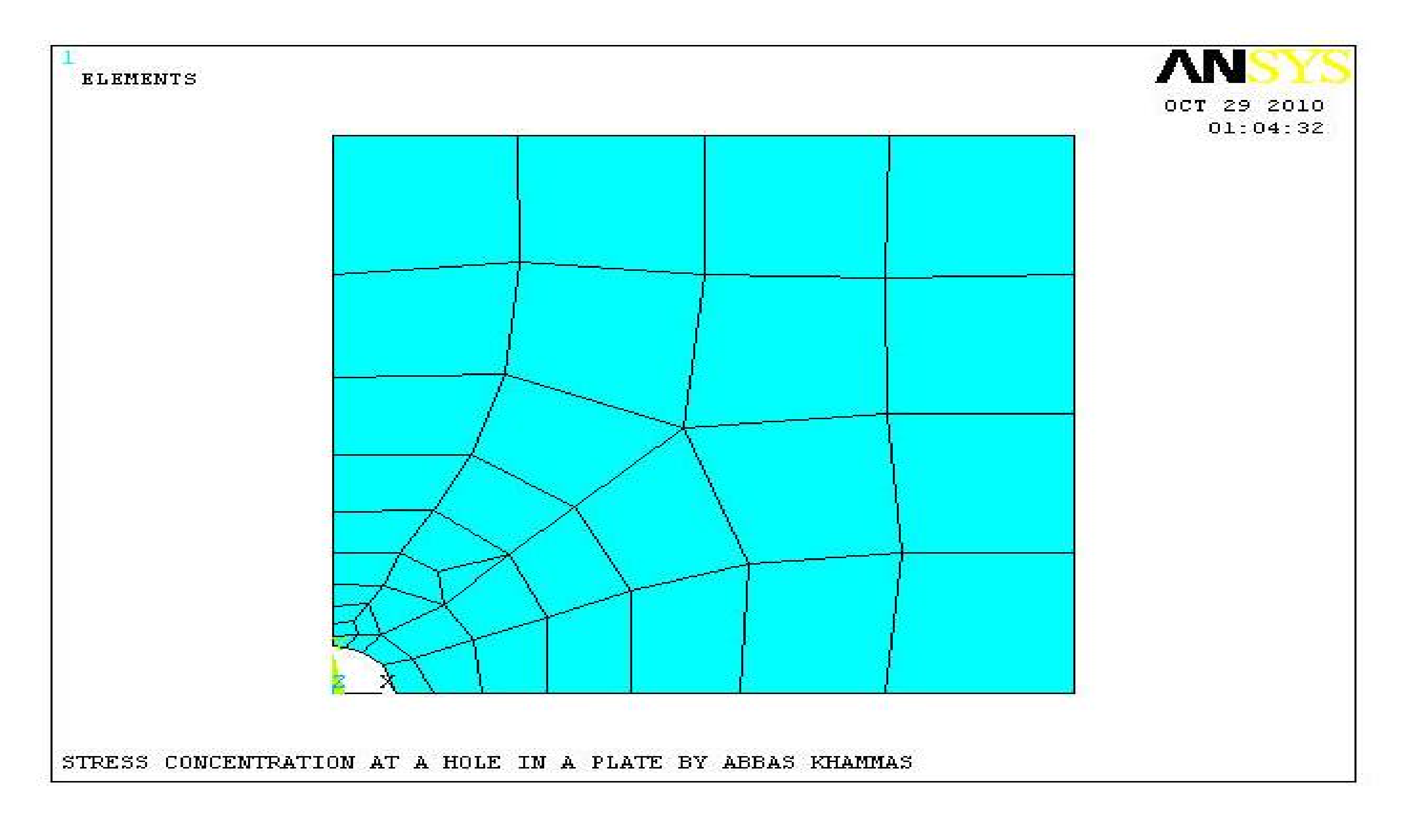
الشكل (8.19)


1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
JAN 7 2011
20:59:28
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

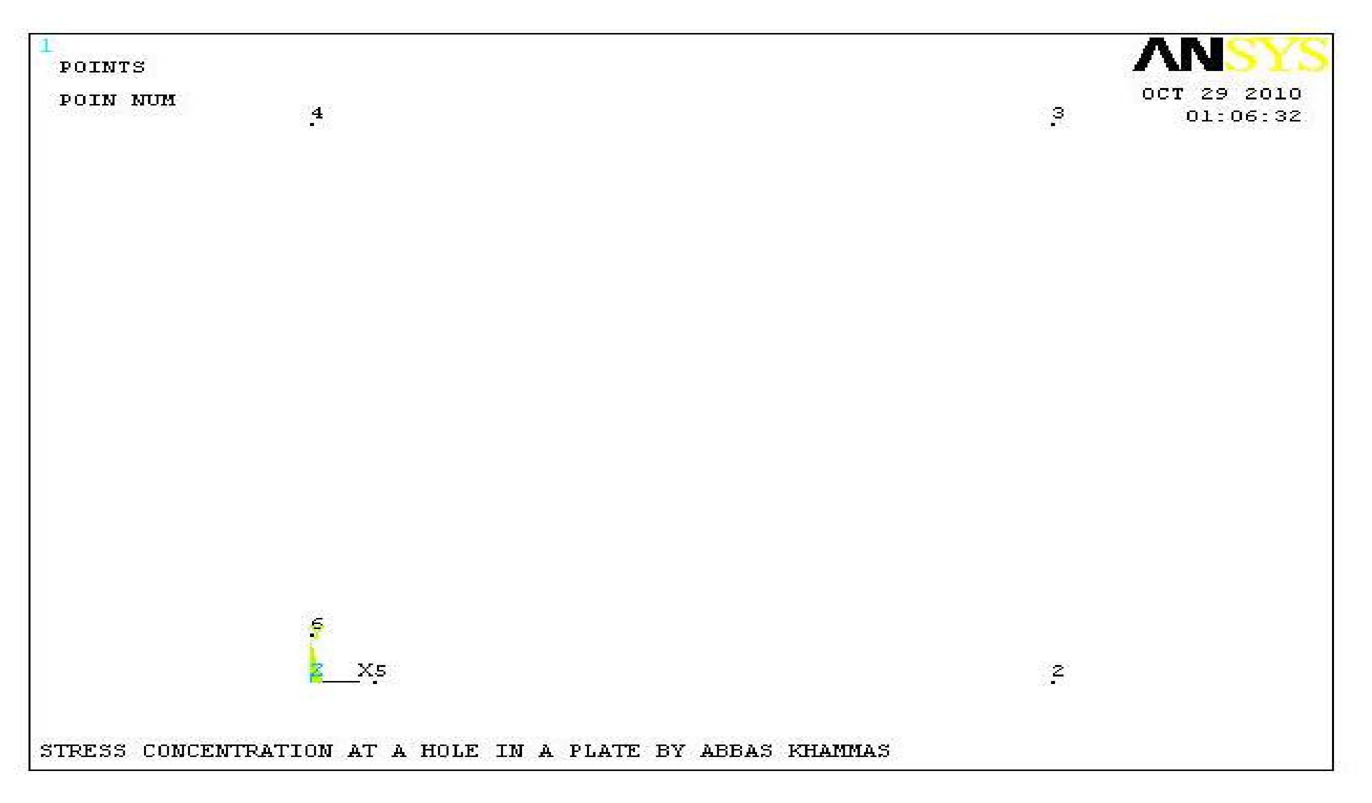
الشكل (8.20)

1
AREAS
TYPE NUM
ANSYS
JAN 7 2011
20:59:28
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

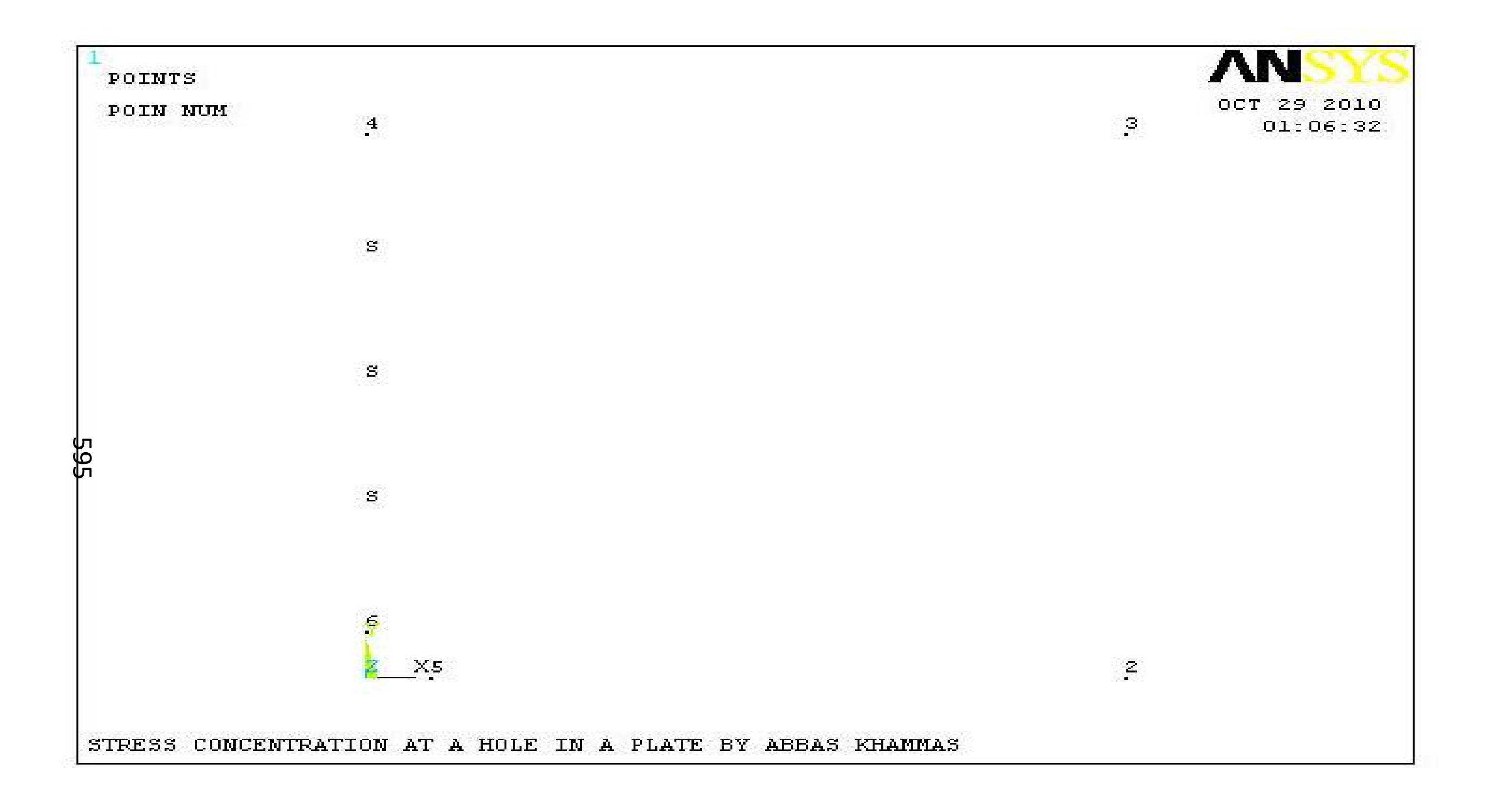
الشكل (8.21)


1
ELEMENTS
ANSYS
OCT 29 2010
01:04:32
Z
X
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.22)


1
POINTS
POIN NUM
ANSYS
OCT 29 2010
01:06:32
4
3
6
Z
X
5
2
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.23)


1
POINTS
POIN NUM
ANSYS
OCT 29 2010
01:06:32
4
3
S
S
S
6
X5
2
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

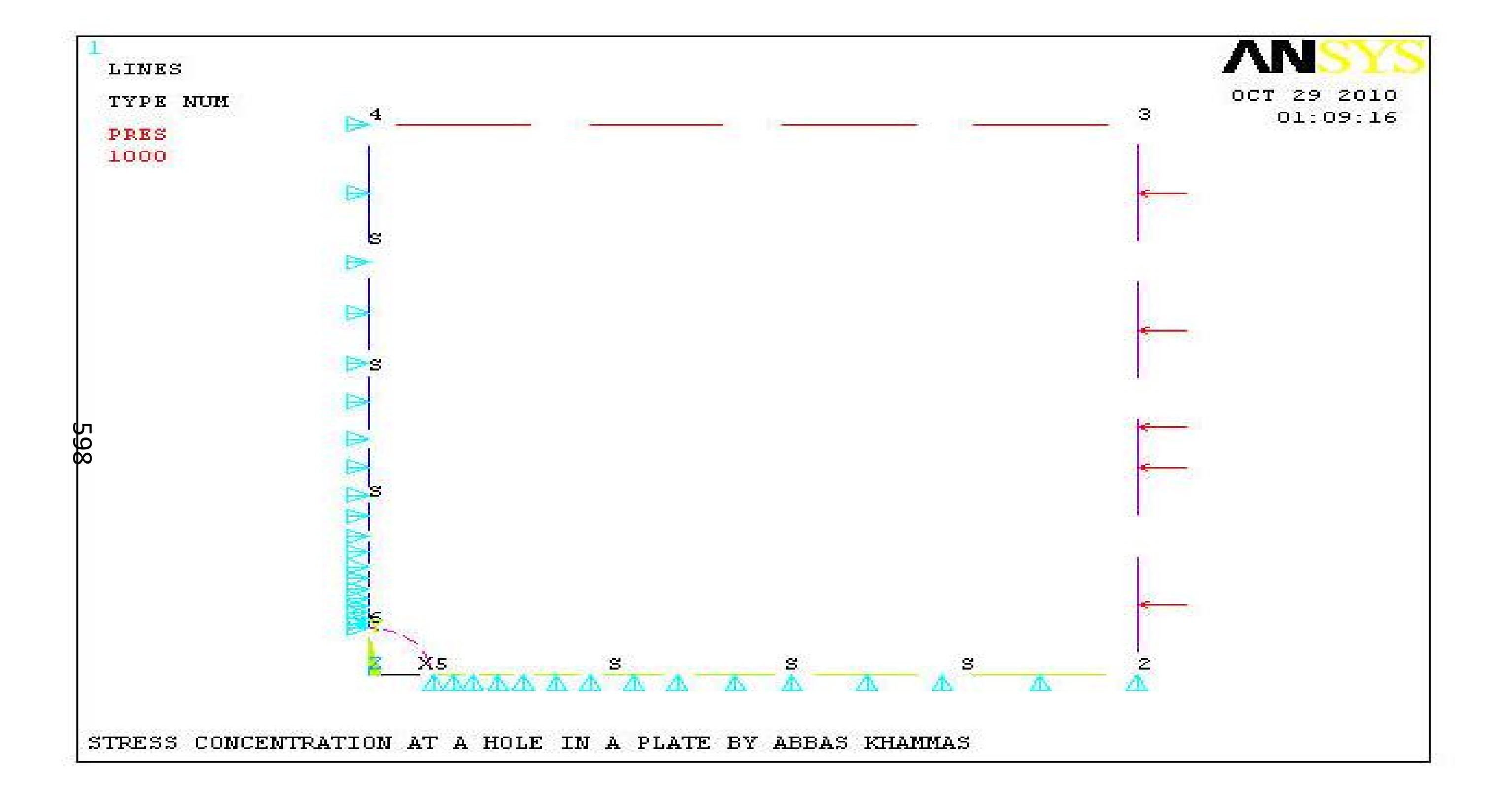
الشكل (8.24)

1
POINTS
POIN NUM
ANSYS
OCT 29 2010
01:06:32
4
3
S
S
S
6
X
5
S
S
S
2
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

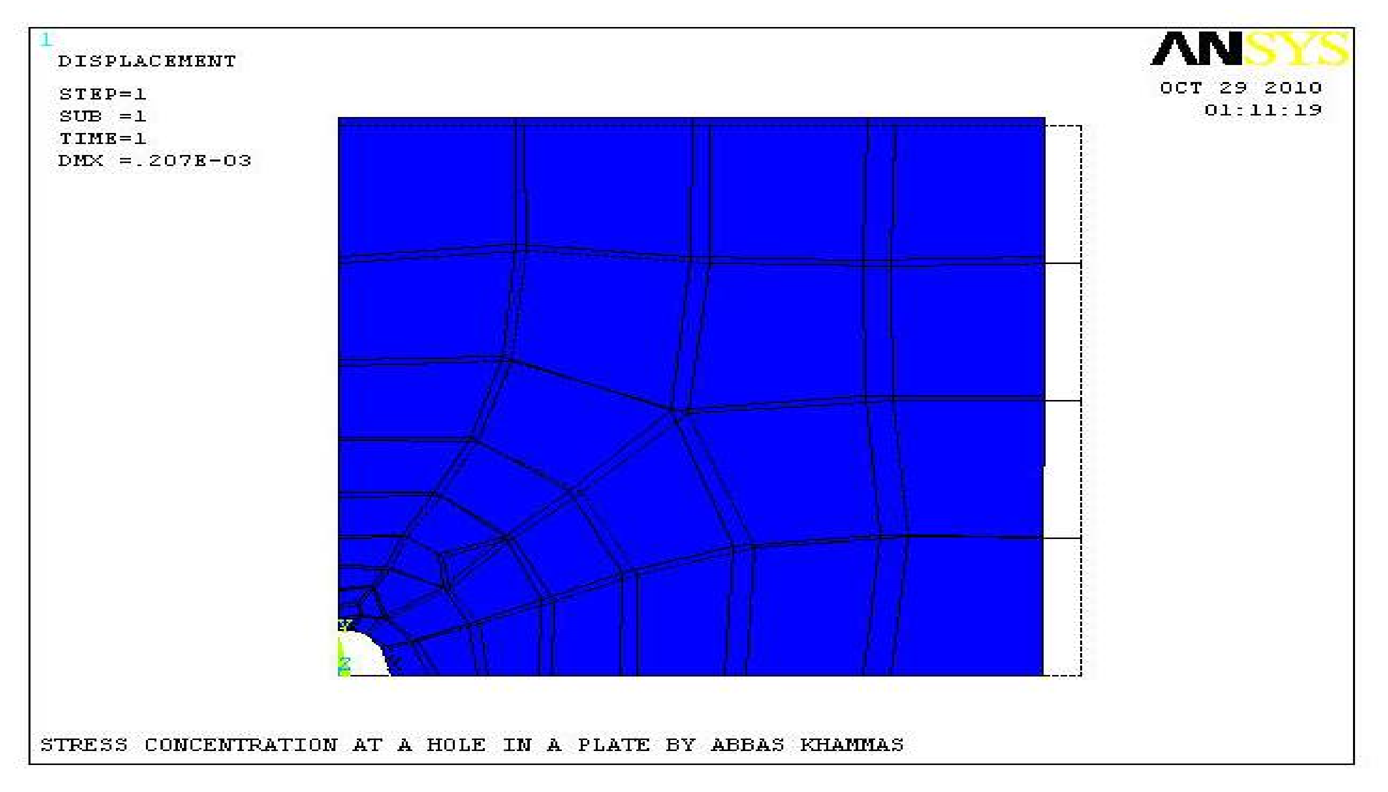
الشكل (8.25)

1
POINTS
POIN NUM
ANSYS
OCT 29 2010
01:06:32
4
3
6
X5
2
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

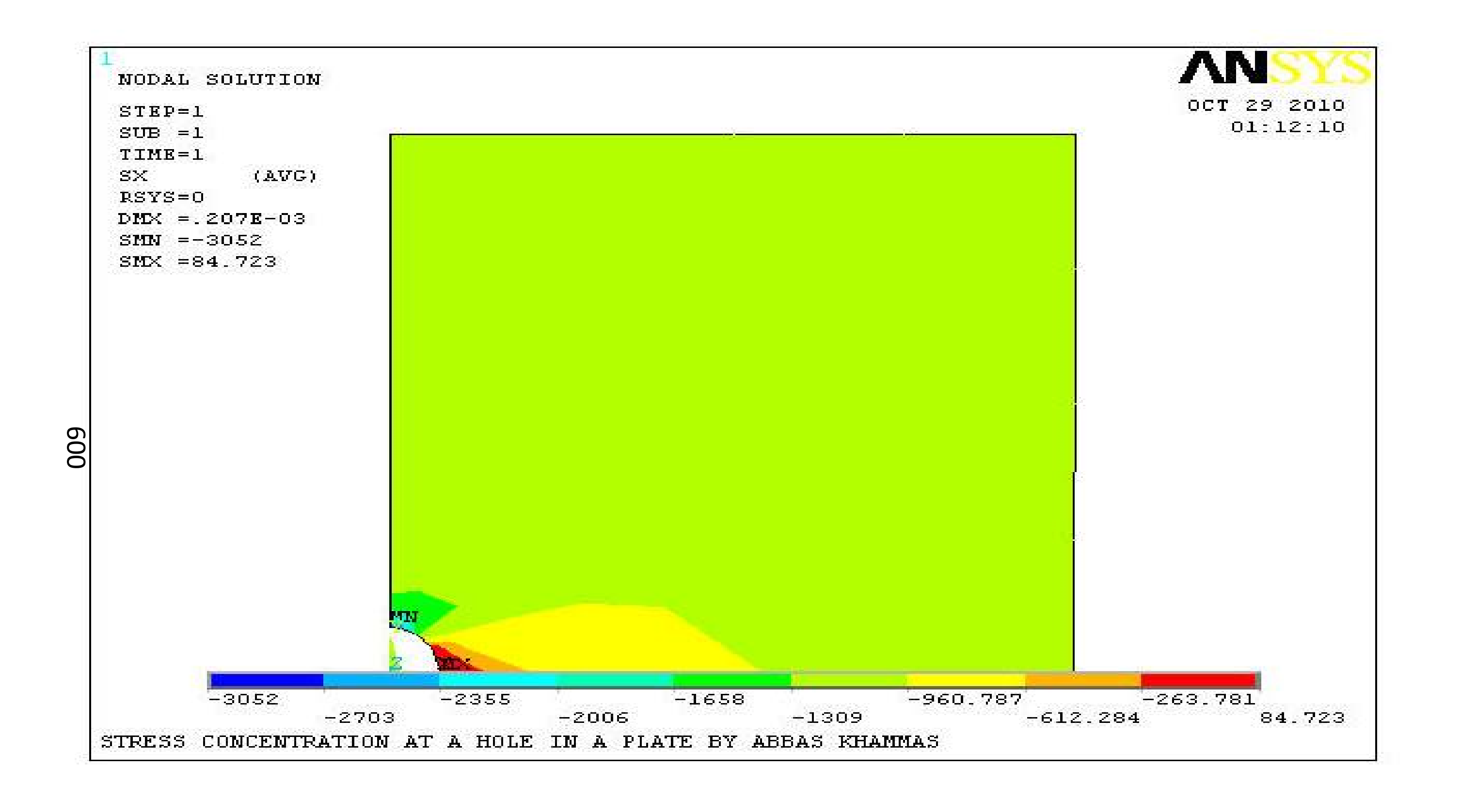
الشكل (8.26)


1
LINES
TYPE NUM
PRES
1000
ANSYS
OCT 29 2010
01:09:16
4
3
2
X5
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

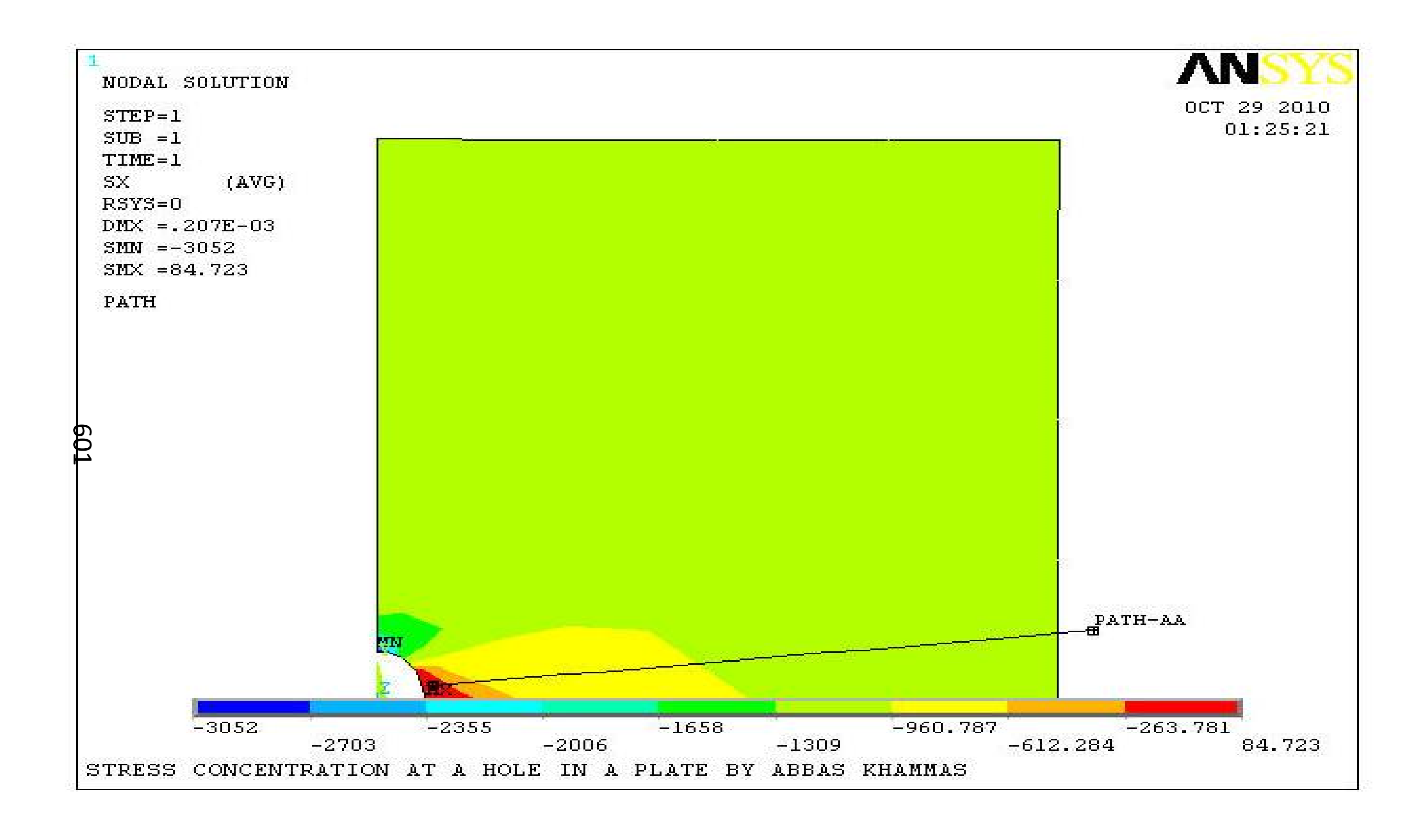
الشكل (8.27)


1
DISPLACEMENT
STEP=1
SUB =1
TIME=1
DMX =.207E-03
ANSYS
OCT 29 2010
01:11:19
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

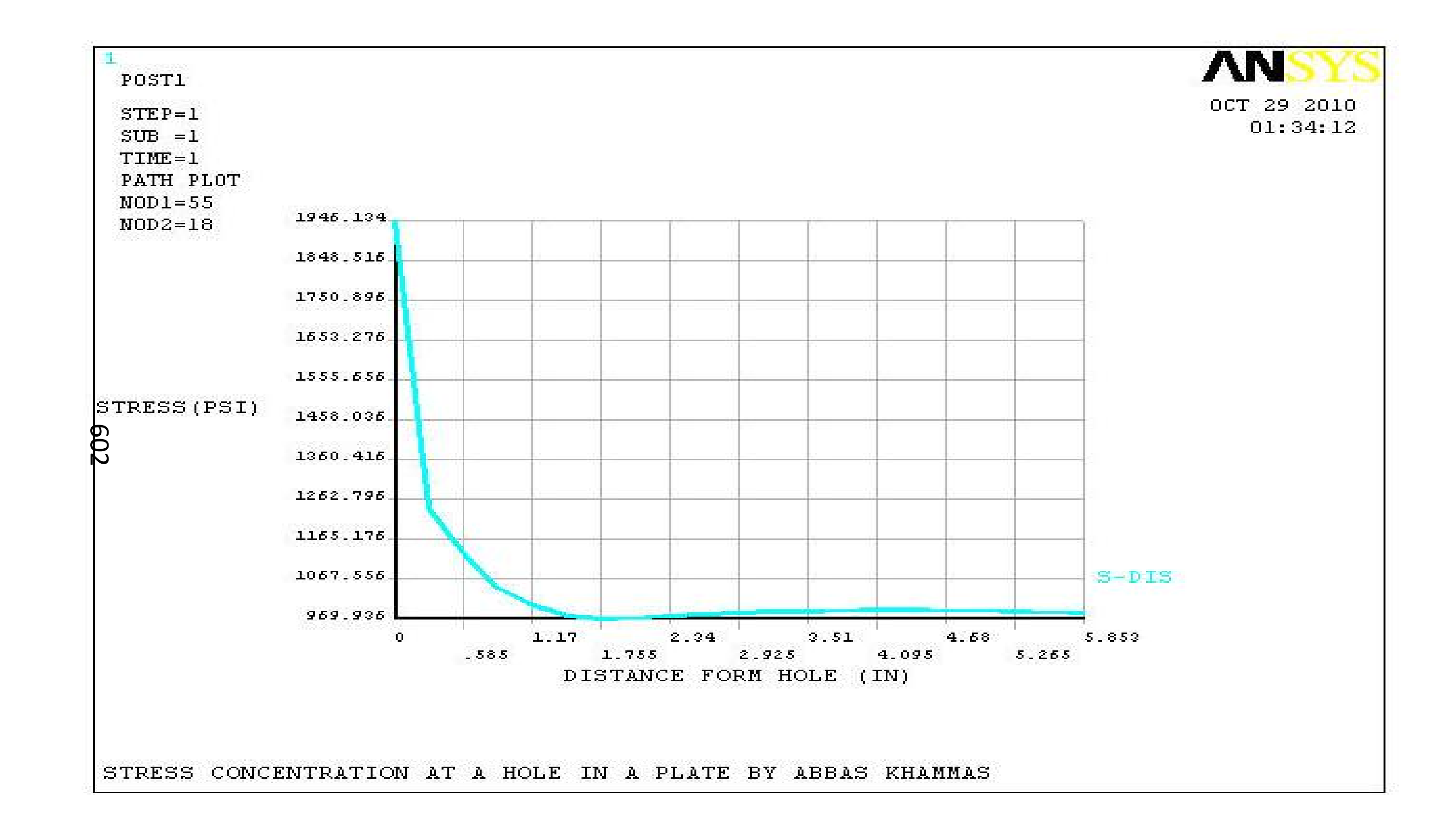
الشكل (8.28)


NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SX (AVG)
RSYS=0
DMX =.207E-03
SMN =-3052
SMX =84.723
ANSYS
OCT 29 2010
01:12:10
MN
MX
-3052
-2703
-2355
-2006
-1658
-1309
-960.787
-612.284
-263.781
84.723
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.29)


1
NODAL SOLUTION
STEP=1
SUB =1
TIME=1
SX (AVG)
RSYS=0
DMX =.207E-03
SMN =-3052
SMX =84.723
PATH
ANSYS
OCT 29 2010
01:25:21
PATH-AA
MN
-3052
-2703
-2355
-2006
-1658
-1309
-960.787
-612.284
-263.781
84.723
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.30)



1
POST1
STEP=1
SUB =1
TIME=1
PATH PLOT
NOD1=55
NOD2=18
ANSYS
OCT 29 2010
01:34:12
STRESS (PSI)
1946.134
1848.516
1750.896
1653.276
1555.656
1458.036
1360.416
1262.796
1165.176
1067.556
969.936
0
.585
1.17
1.755
2.34
2.925
3.51
4.095
4.68
5.265
5.853
S-DIS
DISTANCE FORM HOLE (IN)
STRESS CONCENTRATION AT A HOLE IN A PLATE BY ABBAS KHAMMAS

الشكل (8.31)

بحمد الله إنتهينا ... وبشكر الله ختمنا ...

أرجو أن يكون هذا الكتاب خطوة جيدة لك لتغزو به عالم برنامج Ansys العملاق وألا يكون الخطوة الأخيرة لك في هذا البرنامج الهندسي الكبير .

الدكتور عباس خماس الساعدي

References المراجع

1. Erdogan Madenci, Ibrahim Guven, "The Finite Element Method and Applications in Engineering Using ANSYS®" , Springer , 2006.
2. Y.Nakasone, S.Yoshimoto, T.A.Stolarski, "Engineering Analysis with ANSYS Software", Butterworth-Heinemann,2006.
3. Moaveni, S., "Finite Element Analysis , Theory and Applications with ANSYS", 2^{nd} Edition , Prentice Hall, 2003.

ANSYS Web Sites المواقع الإلكترونية

1. WWW.ANSYS.Com.
2. WWW.ANSYS.Net/Ansys
3. WWW.XANSYS.Org